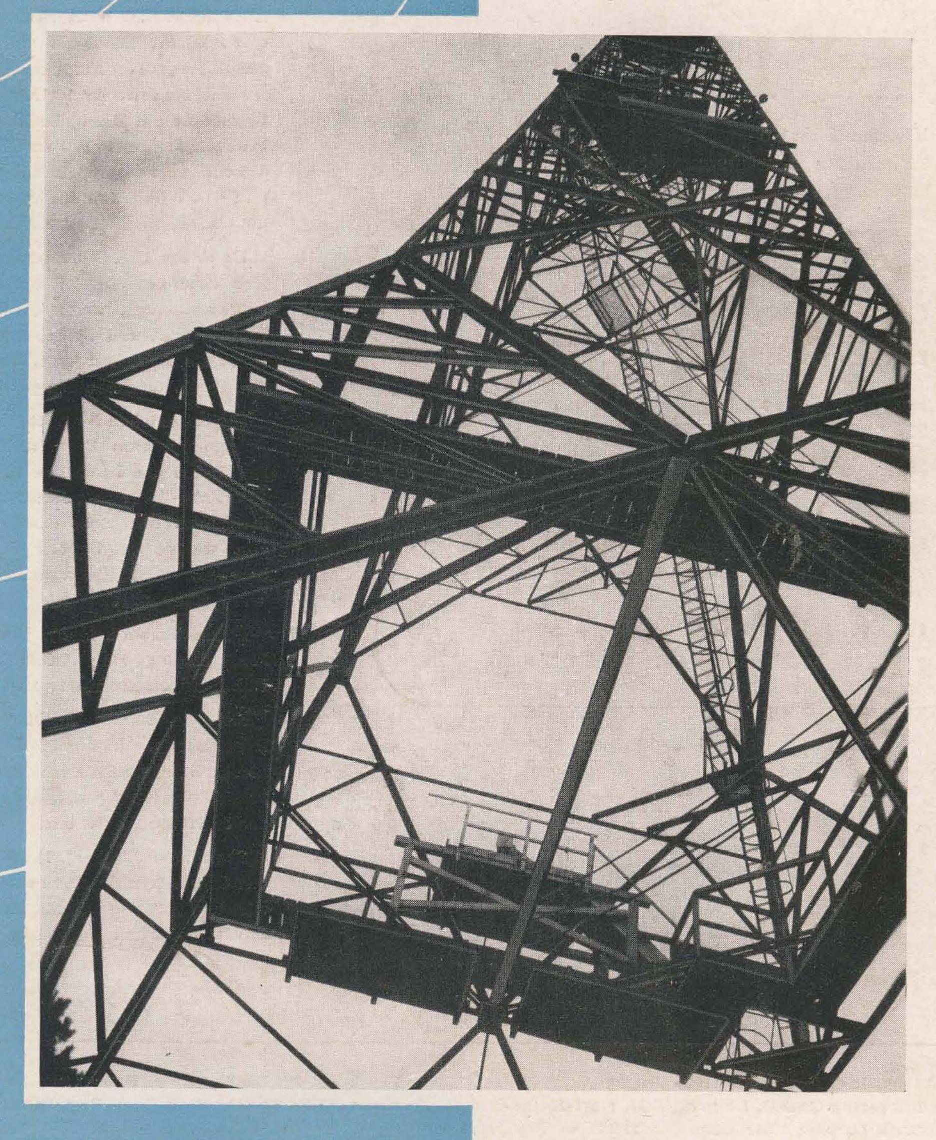
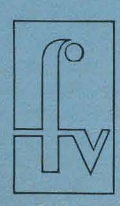
DEUTSCHE FUNK TECHNIK

2. JAHRGANG / NR. 7
LEIPZIG / JULI 1953

RADIO · FERNSEHEN · ELEKTROAKUSTIK





FACHBUCHVERLAG GMBH LEIPZIG

Aus dem Inhalt

Titelbild:

Versuchsaufbau von Hornstrahlern zur Erprobung einiger Dezi-Geräte für Telefoniezwecke in der DDR.

Nachrichten

● Anläßlich ihres 125jährigen Bestehens, das die Technische Hochschule Dresden vom 4. Juni bis 6. Juni d. J. festlich beging, trafen Glückwünsche aus allen Teilen der Welt ein.

Der Rektor der Moskauer Technischen Hochschule „Baumann", Doktor der technischen Wissenschaften Prof. Nikolajew, richtete an den Rektor der Technischen Hochschule Dresden, Prof. Dr.-Ing. Koloc, ein Begrüßungsschreiben, in dem es u. a. heißt: „Das Kollektiv der Professoren und Hochschullehrer der Moskauer Technischen Hochschule „Baumann", der ältesten Maschinenbauschule der UdSSR, begrüßt und beglückwünscht das Kollektiv Ihrer Hochschule zum 125. Jahrestag ihrer Gründung auf das herzlichste. Wir bringen unsere feste Überzeugung zum Ausdruck, daß die Tätigkeit der Hochschule auch weiterhin im Namen des Friedens, der Völkerfreundschaft und der Blüte der Wissenschaft und Technik von Erfolg gekrönt sein wird".

Ferner übersandte das Kollektiv der Professoren und Dozenten der Leningrader Polytechnischen Hochschule der Technischen Hochschule Dresden ein Glückwunschtelegramm, in dem der Wunsch für weitere Erfolge in der Entwicklung der Wissenschaften und Technik für das Wohl der Werktätigen des demokratischen Deutschland, die einen aktiven Kampf für den Frieden in der ganzen Welt führen, zum Ausdruck gebracht wird.

In seinem Glückwunschschreiben führte der Rektor der Technischen Universität Budapest, Dr. Imre Vörös, aus: „Wie alle ungarischen Werktätigen, so verfolgen auch wir mit regstem Interesse die heroische Arbeit der befreundeten Deutschen Demokratischen Republik, die mit Hilfe der großen Sowjetunion ihr großangelegtes nationales Aufbauwerk verwirklicht. Bei der Bewältigung der durch die weitere Entwicklung gestellten großen Aufgaben fällt der Technischen Hochschule Dresden die entscheidende Rolle der Ausbildung der treu zu ihrer Heimat stehenden Ingenieure zu. Die bisherige Arbeit der Technischen Hochschule, die auf bedeutende Ergebnisse zurückblicken kann, bietet Gewähr dafür, daß sie diese Zielsetzung in die Tat umsetzen und dadurch den weiteren Aufstieg und den Wohlstand des Landes fördern, den Kampf des deutschen Volkes um seine Einheit und den Friedenskampf der Völker der Welt stärken wird".

Zu ihrem 125. Geburtstag erhielt die Technische Hochschule Dresden eine Grußadresse von den Mitgliedern der Deutschen Akademie der Wissenschaften, worin die Verdienste der Technischen Hochschule in Wissenschaft und Forschung gewürdigt und ihr noch weitere Jahrzehnte erfolgreicher Arbeit zum Wohle der werktätigen Menschen, des Staates und der Wissenschaften gewünscht werden.

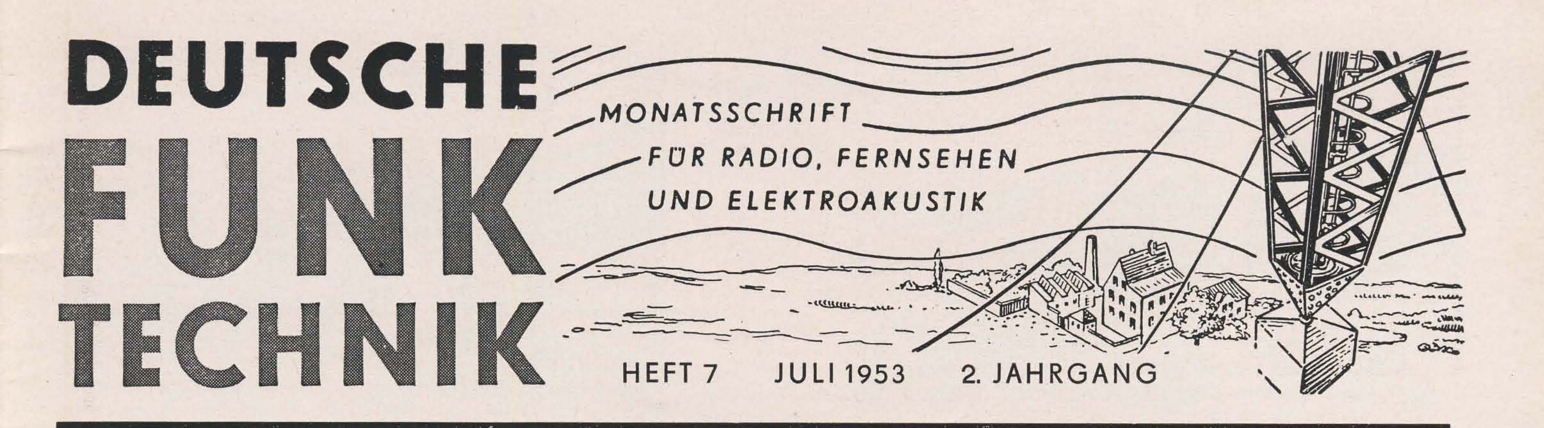
Die zahlreichen Besucher der Dresdener Hochschulfeierlichkeiten hatten Gelegenheit zum Besuch einer Sonderausstellung, die aus den reichen Beständen des Institutes für Denkmalspflege in Dresden anläßlich der 125-Jahr-Feier zusammengestellt wurde. Neben Architekturplänen berühmter Bauwerke enthielt diese Ausstellung genaue Aufzeichnungen von wertvollen Bauten der Vergangenheit, die beim Neubau der bombenzerstörten Dresdener Innenstadt niedergerissen oder gesprengt werden mußten.

Einen Einblick in die Traditionen und das gegenwärtige Leben der Hochschule gab die Ausstellung „125 Jahre Technische Hochschule" im Dresdener Neuen Rathaus.

Am „Tag der offenen Tür" besichtigten die Ehrengäste sowie Tausende Dresdener Werktätige und Jugendliche die Institute der Technischen Hochschule, wo Professoren, Assistenten und Studenten in Diskussionen, persönlichen Aussprachen und Vorträgen einen Einblick in das Schaffen der Institute gewährten.

Staatssekretär Prof. Dr. Harig legte zum Abschluß der Feierlichkeiten den Grundstein für ein neues Studentenwohnheim, in dem 1500 Studenten während ihres Studiums an der Technischen Hochschule wohnen und arbeiten werden.

Redaktion: Ing. Horst Baier (Chefredakteur), Ing. Karl Kiehle, Berlin-Treptow, Puschkinallee 3. Fernruf 67 62 41 und 67 53 26. — **Verlag:** Fachbuchverlag GmbH, Leipzig W 31, Karl-Heine-Str. 16. Fernruf: 417 43, 421 63 und 428 43. — Postscheckkonto: Leipzig 137 23. Bankkonto: Deutsche Notenbank Leipzig 1901. Kenn-Nr. 21 355. — Erscheint einmal im Monat. — Bezugspreis: Einzelheft 2,— DM. In Postzeitungsliste eingetragen. — Bestellungen über die Postämter, den Buchhandel, beim Verlag oder durch die Beauftragten der ZZW. — **Anzeigenverwaltung:** DEWAG-Werbung, Deutsche Werbe- und Anzeigengesellschaft, Filiale Leipzig, Leipzig C 1, Markgrafenstr. 2, Fernruf: 2 00 83, Telegrammanschrift: Dewagwerbung Leipzig, Postscheck: Leipzig 122 747 und sämtliche DEWAG-Filialen. — **Druck:** Tribüne Verlag und Druckereien des FDGB/GmbH Berlin, Druckerei III Leipzig III/18/36. — Veröffentlicht unter der Lizenz-Nr. 1129 des Amtes für Literatur und Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik.



Nationalpreisträger Prof. Dr.-Ing. FRÜHAUF

125 Jahre Technische Hochschule Dresden

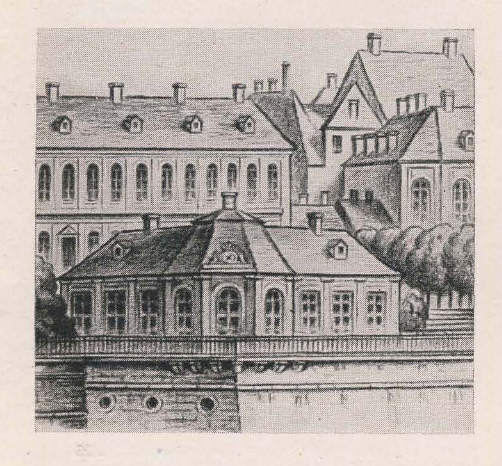


Bild 1: Erste Technische Bildungsanstalt (1828) auf der Brühlschen Terrasse

In der Zeit vom 4. bis 6. Juni 1953 feierte die Technische Hochschule Dresden das Fest ihres 125jährigen Bestehens. Diese Feier der Technischen Hochschule war nicht nur ein Jubiläum, sie war für die Deutsche Demokratische Republik ein Fest, aus dem alle mit der Technik verbundenen Menschen und darüber hinaus alle an ihrem Fortschritt Interessierten neue Impulse für ihre Arbeit erhielten. Die Technische Hochschule Dresden ist die einzige ihrer Art in unserer Deutschen Demokratischen Republik, sie umfaßt heute mit ihren acht Fakultäten und der ihr zugehörigen Hauptabteilung „Fern- und Abendstudium" alle Gebiete der technischen Wissenschaften, angefangen von den allgemeinen Grundlagenwissenschaften, wie die Mathematik, Physik und die Gesellschaftswissenschaften, bis zu den Spezialeinrichtungen des Maschinenbaues, der Elektrotechnik, der Chemie und des Bauwesens.

Am 1. Mai 1828 wurde die Technische Hochschule unter dem Namen „Königlich Technische Bildungsanstalt" eröffnet und fand damals in einem kleinen Gartenpavillon auf der Brühlschen Terrasse in Elbnähe ein bescheidenes Unterkommen. Aber auch diese Eröffnung hatte eine Entstehungsgeschichte: Im Jahre 1814 veranlaßte der russische Generalgouverneur Fürst Repnin die Gründung einer sogenannten „Industrieschule", die, der Akademie angegliedert, für die Förderung und Verbesserung des handwerklichen Kunstschaffens gebildet worden war. Bei der Gründung der „Technischen Bildungsanstalt" im Jahre 1828 wurde die Industrieschule von dieser übernommen. In der ersten Zeit nach ihrer Gründung ähnelte die neue Institution noch stark einer handwerklich orientierten Schule, obwohl als Muster für ihre Lehrplangestaltung und ihre Organisation Institutionen wie das Pariser conservatoire des Arts et metiers und Wiener sowie deutsche polytechnische Schulen gedient hatten. Ihre führenden Köpfe, damals namhafte Vertreter der Wissenschaft, wie der junge Geodät Wilhelm Gotthelf Lohrmann und der im Jahre 1842 von Berlin kommende Professor für Physik und mechanische Naturlehre, Dr. Seebeck, bemühten sich, die Entwicklung der Technischen Bildungsanstalt in Richtung einer höheren technisch-wissenschaftlichen Schule zu fördern.

In der Amtszeit Seebecks bezog die Polytechnische Schule das neue, für die damaligen Verhältnisse erstklassig eingerichtete Gebäude am Antonplatz. Namen, wie die des Chemnitzer Professors Dr. Hülße, Professor Schubert, der die erste mit rein deutschem Material hergestellte Lokomotive „Saxonia" gebaut hatte, trugen wesentlich zur Bildung des guten Rufes der Polytechnischen Schule bei. Nach Professor Hülße leitete der weit über Deutschlands Grenzen hinaus bekannte Professor Dr. h. c. Gustav Zeuner die Polytechnische Schule bis zum Jahre 1890. In seiner Amtszeit wurden die unmittelbar hinter dem Hauptbahnhof gelegenen Gebäude des neuen Polytechnikums in Betrieb genommen, und die Polytechnische Schule erhielt am 3. Februar 1890 den neuen Namen „Technische Hochschule Dresden". Der Ruf des Dresdener Polytechnikums und die weit vorausschauenden Maßnahmen des in aller Welt berühmten Thermodynamikers Zeuner veranlaßten 1874 Professor Leonidas Lewicki, von Aachen nach Dresden zu kommen. Ihm folgten 20 seiner Schüler. Namen, wie Dr. Richard Mollier, Johannes Görges, haben ebenso Weltruf erlangt wie die in den späteren Jahren der Geschichte der Technischen Hochschule wirkenden Lehrer Hallwachs und Toepler, von denen



Bild 2: Gebäude der Technischen Bildungsanstalt am Antonplatz in Dresden (1846–1875)

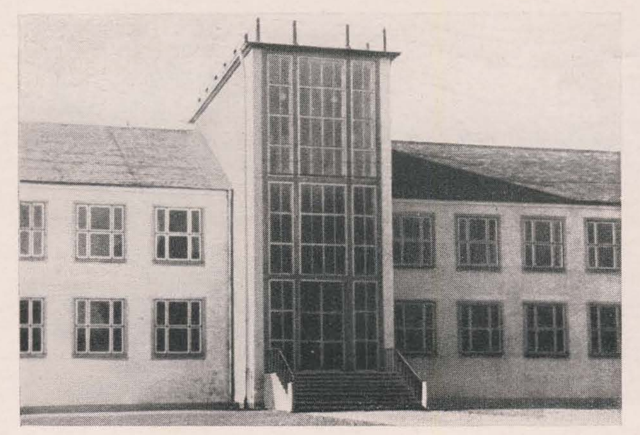
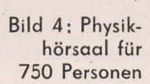


Bild 3: Schwachstrominstitut der Technischen Hochschule in Dresden ←



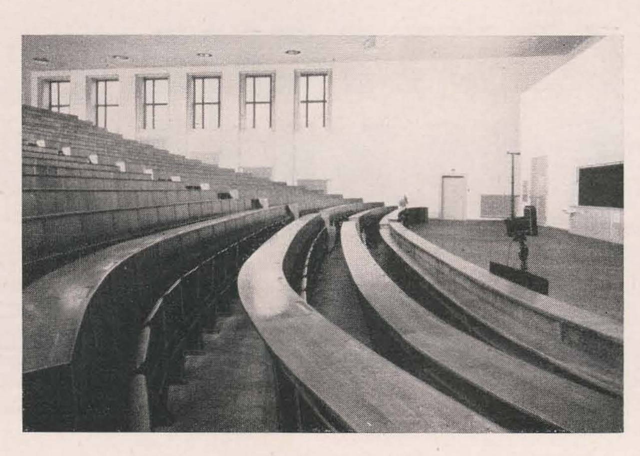


Bild 4: Physikhörsaal für 750 Personen

der letztere als Gründer des Elektrotechnischen Institutes angesprochen werden darf. 1918 kam der heute noch im Amt tätige Nationalpreisträger Professor Dr. Dr. Heinrich Barkhausen auf den Lehrstuhl des sich damals rasch entwickelnden Gebietes Schwachstromtechnik und im Jahre 1919 für das Gebiet der Hochspannungstechnik der ebenfalls noch amtierende Nationalpreisträger Professor Dr. Ludwig Binder.

Durch den anglo-amerikanischen Terrorangriff auf Dresden in der Nacht vom 13. zum 14. Februar 1945 wurde auch die Technische Hochschule Dresden, ebenso wie der schönste Teil dieser einst blühenden Kunststadt, ein Opfer der Flammen, und damit schien das Schicksal dieser Technischen Hochschule besiegelt zu sein. Aber neue Initiative, aus einem neuen Geist geboren, schuf aus Trümmern neue stolze Gebäude, in denen heute die Söhne und Töchter unserer Bauern und Arbeiter und unserer Intelligenz studieren, um ein einheitliches Deutschland zu errichten.

Als erster Rektor übernahm 1945 der heute mit dem Nationalpreis ausgezeichnete Professor Dr. Dr. h. c. Heidebroeck die Geschäfte des Rektorats. Unter seiner Leitung begannen die Aufräumungsarbeiten in der zerstörten und der Aufbau der neuen Hochschule, die unter dem zweiten Rektor Professor Dr. phil. Straub in unermüdlicher Arbeit ihren Fortgang nahmen. In den ersten vier Jahren wurden für die Wiederinstandsetzung der Hochschule rund 3,2 Millionen DM aufgewendet, während sich im Rahmen des Zweijahrplanes die Mittel beträchtlich erhöhten, im Jahre 1949/50 wurden für Wiederaufbauten und für Neubauten rund 14 Millionen DM von der Regierung unserer Deutschen Demokratischen Republik zur Verfügung gestellt. Es entstanden in den folgenden Jahren neben der Instandsetzung der zerstörten Institute, besonders auch des Institutes für Elektrotechnik, neue, mit den früheren an Größe und Einrichtung kaum vergleichbare Institute.

Die Zahl der neuberufenen Professoren wächst ständig, ohne allerdings zahlenmäßig mit dem Zuwachs an Studierenden Schritt halten zu können. An neuen Berufungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik sind zu nennen: Nationalpreisträger Professor Dr.-Ing. Hans Frühauf, Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, für das Gebiet der Hochfrequenztechnik und Elektronenröhren; Professor Dr. Kurt Freitag für das Gebiet der Fernmeldetechnik; Professor Dr. Hildebrand für das Gebiet des elektrischen und mechanischen Feingerätebaues; Professor Dr. Obenaus für die Hochspannungstechnik; Professor Dr. Stamm für das Lehrgebiet Meßwandler und Prüftransformatoren für Hochspannung; Professor Pommer für das Gebiet Elektromaschinenbau und Professor Dr. Kühn für das Gebiet Planung, Bau und Betrieb großer Netze.

Gleichzeitig entstanden durch die großzügige Hilfe der Regierung der Deutschen Demokratischen Republik neue große Institute, wie das Physikalische Institut, das einen Hörsaal mit rund 750 Plätzen besitzt, der damit der größte Hörsaal Deutschlands ist, das Schwachstrominstitut, das zu Ehren von Professor Barkhausen als „Barkhausenbau" bezeichnet wurde. Daneben sind im Entstehen begriffen das Institut für Spezialwerkstoffe, als neues Gebäude das Amt für Material- und Warenprüfung, ein neuer Anbau der Hochspannungshalle usw. Die Technische Hochschule ist also auf dem Wege, der Stadt Dresden zu ihrem früheren Gepräge als Kunststadt noch das als Stadt der Technik zu geben. Durch die Einrichtung des Fernstudiums, das heute bereits rund 4000 Studierende umfaßt, ist die Hochschule Dresden noch über ihren Dresdener Wirkungsbereich hinausgewachsen. Die Verantwortung, die auf der Technischen Hochschule und besonders auch auf ihrem derzeitigen Rektor Professor Dr.-Ing. Koloc liegt, ist groß, aber die Technische Hochschule ist sich ihrer Aufgaben bewußt. Sie beging in den ersten Tagen des Juni 1953, in dem Jahre, das zu Ehren des großen Sohnes unserer Heimat zum Karl-Marx-Jahr erklärt wurde, das Fest ihres 125jährigen Jubiläums in dem stolzen Bewußtsein, zur Festigung unserer demokratischen Ordnung mithelfen zu können. Auch die Arbeit an der Technischen Hochschule Dresden wird weitergeführt eingedenk des Wortes des Klassikers des Marxismus, Friedrich Engels:

„. . . in einem ununterbrochenen Prozeß des Werdens und des Vergehens, des Aufsteigens ohne Ende vom Niederen zum Höheren."

Einzelteile für Transistorschaltungen

Entnommen aus: Wireless World, H. 5/1953, S. 196.

Dank seiner röhrenähnlichen Eigenschaften setzt man den als Transistor bekannten Halbleiter in verschiedenen Schaltungen an Stelle von Elektronenröhren ein. Dabei sind seine geringen äußeren Abmessungen, die auch von Miniaturröhren nicht erreicht werden können, von besonderem Vorteil, der jedoch wertlos wird, wenn nicht sehr kleine Schaltelemente zur Verfügung stehen.

W. A. Dummer berichtet in Wireless World, H. 5/1953, S. 196, über die bis jetzt erzielten Fortschritte. Für die Konstruktion von Kleinstteilen sind die niedrigen Betriebsspannungen und -ströme (20 V, einige μA) des Transistors günstig, so daß Widerstände praktisch ohne Wärmebelastung und Kondensatoren ohne dielektrische Beanspruchung sind. In der Herstellung geht man neue Wege. Der Widerstandsdraht besteht aus einem Glasfaden, ähnlich Glaswolle, von $^1/_{40}$ mm Stärke mit einem dünnen Gold-Platinüberzug. Man erhält auf diese Weise den 40fachen Widerstand eines Chrom-Nickeldrahtes gleicher Abmessungen. Der Draht wird um einen Glasstab gewickelt. Die Platin-Goldschicht kann auch auf Glasplatten aufgebrannt und spiralförmig geschliffen werden. Derartig hergestellte Widerstände mit einigen Hundert kΩ und 0,1 W Belastbarkeit haben Abmessungen von 3 mm Länge und ebensolcher Breite. Kondensatoren werden durch Aufdampfen einer extrem dünnen Metallhaut auf Glasplatten hergestellt, die man mit einer 2,5 μ starken Isolierschicht überzieht. Nach Aufbringen des zweiten Belages wird in einem Lösungsmittel die metallbedeckte Folie vom Glas gelöst und zum Kondensatorröllchen gewickelt.

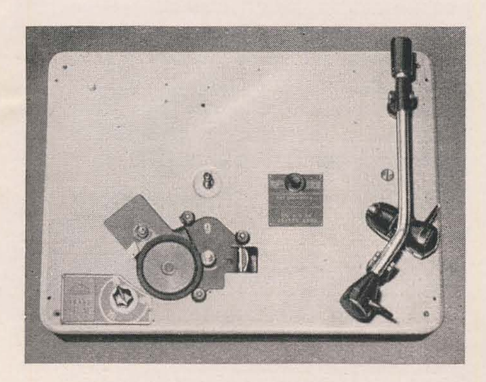
Mit derartigen Teilen bestückte Geräte werden mit Hilfe von Lehren montiert, wobei die Schaltdrähte als Stützen dienen. Nach dem Prüfen vergießt man sie mit Kunstharz.

Im Schlußwort weist der Verfasser auf die auftretenden Schwierigkeiten hin, in bezug auf die Herstellungstoleranzen, Montage und Verhinderung von Korrosion der Kleinstteile sowie deren chemische Verträglichkeit mit dem sie umgebenden Harz. *E. Wolf*

Die CSR liefert Langspielplatten

Erfahrungsaustausch mit dem VEB „Lied der Zeit"

Die Schallplattenindustrie bemüht sich schon seit Jahren, eine längere Spieldauer der Schallplatten zu verwirklichen. Nach langen und zeitraubenden Entwicklungsarbeiten gelang es, vom gleichbleibenden Rillenabstand zum gesteuerten Rillenabstand, entsprechend der Lautstärke einer Darbietung, überzugehen. Bei dieser Art der Langspielplatten haben die Schallrillen keinen gleichmäßigen Abstand zur Spirale, sondern nur jeweils den kleinsten zulässigen Abstand zur Nebenrille, der für eine ausreichende Stegbreite notwendig ist. Um aber keine nutzlosen Rillenabstände zu erhalten, sind für das sogenannte Füllschriftverfahren recht komplizierte Steuersysteme erforderlich.



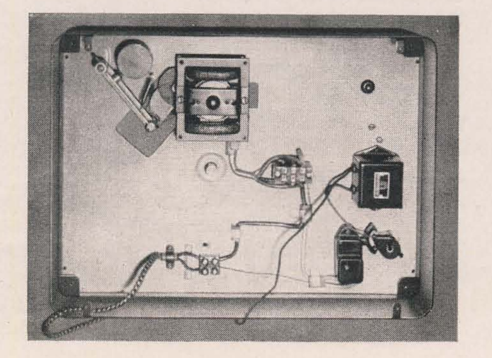
Das Bestreben, die Zahl der Schallrillen zu erhöhen, damit eine längere Spieldauer erreicht wird, führte schließlich zum Mikrorillenschnitt. Hier waren nun die Bemühungen der Schallplattenindustrie in der Tschechoslowakischen Volksrepublik außerordentlich erfolgreich. Sie hat die notwendigen Voraussetzungen geschaffen, Schallplatten herzustellen, die je Gewichts- und Raumeinheit weit mehr Musik wiederzugeben gestatten, als es bisher möglich war. Verbunden mit einer verbesserten Tonwiedergabe, größerer mechanischer Haltbarkeit, geringerer Abnutzung gestattet die Langspielplatte aus unzerbrechlichem Kunststoff mit ihrem Mikrorillenschnitt, von dem Mangelwerkstoff Schellack unabhängig zu werden. Gegenüber der Schellackplatte mit ihrem körnigen Füllstoff ist mit der strukturlosen Kunststoffplatte auch eine weit bessere Geräuschfreiheit möglich, da das feine Gefüge des plastischen Werkstoffes die als Nadelrauschen bekannten Störungen erheblich vermindert. Der plastische Kunststoff erlaubt überhaupt erst eine derartige Feinheit der Mikrorillen. Es ist leicht einzusehen, daß auch beim Mikrorillenschnitt mit etwa neun Schallrillen je Millimeter gegenüber der Normalplatte mit vier Rillen je Millimeter weit höhere Anforderungen an die Aufnahmetechnik gestellt werden müssen. Zweifellos ist aber eine um das 5fache erhöhte Spieldauer, die durch eine Verengung der Schallrillen und durch eine geringere Umdrehungszahl erreicht wird, von großer wirtschaftlicher Bedeutung.

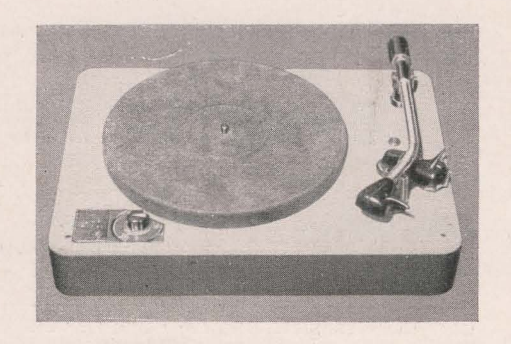
Während die Abspielzeit für normale Platten mit einem Durchmesser von 25 Zentimetern je Seite etwa 3 bis 4 Minuten beträgt, gestattet die Langspielplatte mit Mikrorillen bei gleichem Durchmesser eine Abspielzeit von etwa 20 Minuten.

Sehr aufschlußreich ist, die Schallplattenmusik nach Gewicht zu berechnen. Da eine normale 25-Zentimeter-Schallplatte etwa 200 g wiegt und eine Spieldauer von etwa 8 Minuten zuläßt, erfordert eine Spielminute 25 g Werkstoff. Das Normalgewicht einer 25-Zentimeter-Langspielplatte aus Kunststoff, die eine Abspielzeit von etwa 40 Minuten gestattet, beträgt dagegen nur etwa 80 g, so daß für eine Spielminute nur 2 g Werkstoff notwendig sind. Abgesehen von dem Gewichtsvergleich, der naturgemäß auch erkennen läßt, daß die Lagerhaltungs- und Vertriebskosten bei Langspielplatten wesentlich geringer sind, ergeben sich auch künstlerisch erhebliche Vorteile. Bei der IX. Sinfonie sind zum Beispiel nicht mehr 18 Plattenseiten einer 30-Zentimeter-Normalplatte erforderlich, sondern nur noch 5 Plattenseiten der Langspielplatten.

Die feinen Mikrorillen der Langspielplatten sind gegen Kratzer und Druck sehr empfindlich, sie erfordern nicht nur bei der Herstellung, sondern auch beim Abspielen äußerste Sauberkeit. Obwohl der Werkstoff unzerbrechlich ist, müssen die Platten dennoch sorgsam in besonders stabilen Pappumschlägen aufbewahrt werden. Wichtig ist, die in den Schutztaschen befindlichen Kunststoffschallplatten auf keinen Fall stehend in einen Schallplattenständer einzuordnen, sondern zu beachten, daß ihr Gewicht von der Gesamtfläche einer Schallplattenseite getragen wird. Vor dem Abspielvorgang ist die Kunststoffschallplatte nicht mit einem trockenen, sondern mit einem angefeuchteten Plattenwischer zu säubern, um nicht nur die Neigung des Kunststoffes zu elektrischen Aufladungen durch Reibung abzuschwächen, sondern auch den störenden Staub in den Rillen besser entfernen zu können, dessen Ansammlung durch die erwähnte Eigenschaft des plastischen Werkstoffes gefördert wird.

Der VEB „Lied der Zeit" wird die Herstellung von Langspielplatten voraussichtlich noch in diesem Jahr aufnehmen, dank der Mithilfe und durch die vorbehaltlose Übermittlung sämtlicher Erfahrungen jener Techniker der Tschechoslowakischen Volksrepublik, die es erreichten, daß die Güte der gefertigten Schallplatten auf dem Weltmarkt führend ist. Bis die Fertigung vom VEB „Lied der Zeit" den Bedarf in der Deutschen Demokratischen Republik ausreichend deckt, werden Importe aus der CSR dazu beitragen, die Nachfrage zu befriedigen.





Allerdings ist für das Abspielen der neuen Langspielplatten ein Schallplattengerät erforderlich, dessen Plattenteller $33^1/_3$ Umdrehungen in der Minute ausführt. Die üblichen Plattenspieler mit einer Drehzahl des Tellers von 78 Umdrehungen in der Minute sind hierfür nicht verwendbar. Durch den Mikrorillenschnitt sind spezielle Tonabnehmer erforderlich. Auch in dieser Hinsicht hilft uns die CSR, indem unserer Handelsorganisation die Möglichkeit gegeben wird, demnächst ein 3-Geschwindigkeiten-Chassis H 13—50, das neueste Modell der Grammophonwerke, Nationalunternehmen, Prag, zum Verkauf anzubieten.

Es ist ein Universalplattenspieler für Standard- und Langspielplatten, in dem sich die besten Konstruktionseigenschaften der modernsten elektrischen Plattenspieler vereinigen. Mit dem Schallplattenspieler lassen sich normale Schallplatten für 78 Umdrehungen je Minute und Langspielplatten mit $33^1/_3$ und 45 Umdrehungen je Minute abspielen. Der Tonarm ist mit zwei auswechselbaren Tonabnehmerköpfen ausgestattet, und zwar mit einem Kopf für normale Platten und einem zweiten für Langspielplatten. Der Tonabnehmerkopf für Schallplatten mit Mikrorillenschnitt ist mit einem eingepreßten roten Punkt bezeichnet. Die Tonabnehmerköpfe werden in den Tonarm durch einen einfachen, zuverlässigen zweipoligen Stecker eingeführt. Bei normalen Schallplatten beträgt das Auflagegewicht 15 g und bei Langspielplatten etwa 10 g. Das Tonabnehmergelenk ist mit einem Kugellager versehen. Für die elektromagnetischen Tonabnehmer sind dauerhafte Saphirnadeln, die 3000 Plattenseiten abzuspielen gestatten, vorgesehen.

Unverständlich ist nur, warum es der RFT nicht möglich war, rechtzeitig einen geeigneten Plattenspieler für drei Geschwindigkeiten zu konstruieren. Die verantwortlichen Mitarbeiter der RFT sollten sich an der Initiative des VEB „Lied der Zeit" ein Beispiel nehmen und dem Erfahrungsaustausch jene Bedeutung beimessen, die er für unseren Volkswirtschaftsplan hat. *—ki—*

HEINRICH GÄRTNER

Bericht über Betriebsversuche mit Dezimetertelefonen

Im Bereich einer VVB der Energiewirtschaft wurden Betriebsversuche mit Dezimetertelefonen unter verschiedensten Bedingungen durchgeführt, um Erfahrungen über das Verhalten und die Eignung von Dezimeterverbindungen im Dienste unserer volkseigenen Energiewirtschaft zu gewinnen.

Kurzbeschreibung der verwendeten Geräte

Ein Gerät besteht aus drei Einheiten:

1. dem Speisegerät für Wechselstromnetzanschluß an 110 bis 240 V oder einem Wechselgleichrichtergerät für Betrieb aus einer 12-V-Batterie;
2. dem Tischgerät in Form eines Tischfernsprechers mit eingebautem Niederfrequenzteil (sender- und empfängerseitig) und
3. aus dem Hochfrequenzteil mit Antennen und Reflektor.

Die drei Teilgeräte sind durch Mehrfachkabel miteinander verbunden. Der wasserdicht ausgeführte Hochfrequenzteil ist für Außenaufbau ausgelegt und kann bis zu 50 m von der Sprechstelle entfernt aufgestellt werden, zum Beispiel auf einem Dach, Mast, Turm oder sonstigen Erhebungen. Die Sendeleistung beträgt etwa 0,6 W, die Polarisation der Strahlung ist vertikal.

Eine solche Dezimeterlinie besteht aus einem A-Gerät und einem B-Gerät, die sich durch ihre Betriebsfrequenzen unterscheiden. Die Verkehrsart ist Linienverkehr auf zwei Frequenzen (Gegensprechverkehr) und erfolgt auf 517 MHz (58 cm) in der einen Richtung und auf 566 MHz (53 cm) in der Gegenrichtung.

Beide Sendefrequenzen stehen fest, doch die Empfänger sind in einem Bereich von ± 5 MHz von der Sprechstelle aus fernabstimmbar, wobei eine Vorrichtung den ungefähren Stand des Empfängerabstimmdrehkos anzeigt.

Der Anruf erfolgt durch Abnehmen des Handapparates an der rufenden Station, wodurch bei der gerufenen Stelle ein Glockenzeichen ertönt. Sind die Handapparate beider Gegenstellen abgenommen, so ist die Dezimeterverbindung sprechbereit wie eine normale Drahtverbindung. Um Funkverbindungen im Dezimeterwellengebiet herzustellen, ist bekanntlich quasioptische Sichtverbindung von Gegenstelle zu Gegenstelle erforderlich. Bei kleinen Entfernungen braucht diese Bedingung jedoch noch nicht streng erfüllt zu sein, da infolge Beugung bei nicht zu großen Schattenwinkeln vielfach auch hinter dem Horizont noch ausreichende Feldstärken auftreten. So ergaben zum Beispiel Versuche über 2 km Entfernung, daß die Feldstärke noch ausreichend war, wenn der HF-Teil des einen Gerätes in einem Haus ein Stockwerk niedriger aufgestellt wurde, wo keine Sichtverbindung mehr zur Gegenstelle bestand. Das betreffende Gerät stand außerdem hinter einer Ziegelsteinmauer von etwa 25 cm Dicke.

Außer einer Anzahl von Betriebsversuchen aus Häusern über 2 bis 4 km Entfernung bei optischer Sicht, die in manchen Fällen beeinträchtigt war, wurden in der Winterzeit auch zufriedenstellende Versuche im Freien durchgeführt. So wurden unter anderem Einsätze bei Arbeiten am Ferngasnetz über Entfernungen bis 7,5 km durchgeführt, wodurch zwei benachbarte Reglerstationen gleichzeitig gesteuert werden konnten. Die Geräte wurden dabei aus Wechselgleichrichtern und Batterien betrieben, während bei stationärem Betrieb fast immer Netzspeisung vorgezogen wurde.

Einige Versuche über größere Entfernungen brachten auch recht gute Ergebnisse. Der HF-Teil des Gerätes I wurde an einem Schornstein in etwa 32 m Höhe über dem Erdboden befestigt, während das Gerät II an verschiedenen erhöhten Punkten im Gelände aufgebaut wurde, mitunter auch an Gittermasten. Dabei wurden Entfernungen bis 24 km mit Sicherheit überbrückt. In Bodennähe (1 bis 2 m hoch) konnte wiederholt starke Absorption beobachtet werden, so daß trotz quasioptischer Sicht nur mit Mühe eine Verständigung möglich war. Wenn der HF-Teil des Gerätes II um 2 bis 3 m erhöht aufgestellt wurde, war die Feldstärke ausreichend.

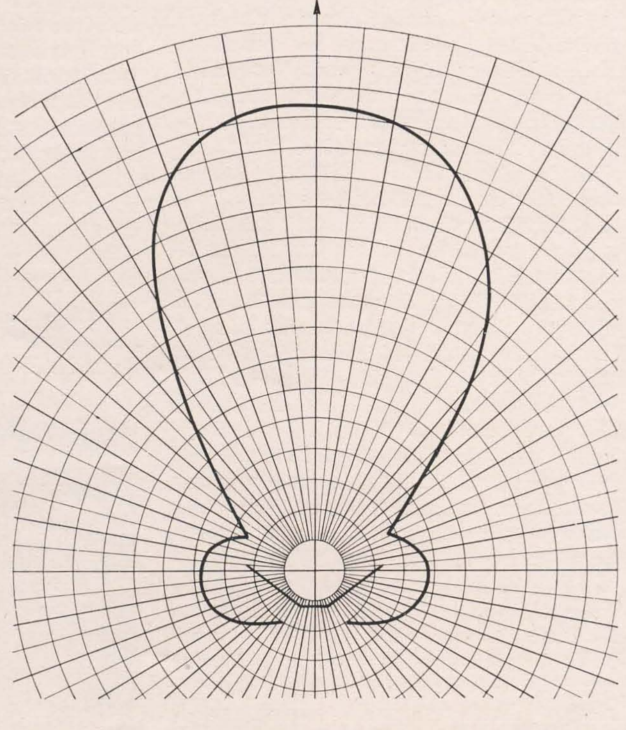
In einem Fall wurde beobachtet, daß sich die anfangs gute Verständigung mit zunehmender Sonneneinstrahlung infolge Verzerrungen verschlechterte. An diesem Tage lagerte über dem Boden eine mehrere Meter hohe Dunstschicht, in der sich das Gerät II befand. Gerät I stand über der Dunstschicht, und die Strahlung erfolgte wahrscheinlich über einen erheblichen Teil der Strecke (24 km) entlang der Grenze zweier Luftschichten verschiedener Eigenschaften. Die normalerweise zu erwartende Strahlablenkung konnte nicht beobachtet werden, da die Geräte infolge ihrer einfachen Reflektoranordnung in der Vertikalen keine nennenswerte Bündelung aufweisen.

Nach Standortwechsel des Gerätes II um etwa 8 km seitwärts war bei fast gleicher Entfernung die Verbindung ausgezeichnet. Aufstellungsort war ein Baum, der direkt an einem nach der Gegenstelle hin steil abfallenden Abhang stand und sich über der Dunstschicht befand.

Um die mit den verwendeten Geräten erzielbare maximale Reichweite zu ermitteln, wurde eine besondere Versuchsreihe durchgeführt, bei der Gerät I in dominierender Höhe stand. Gerät II wurde an verschiedenen, meist erhöhten Punkten in Betrieb genommen, so daß in jedem Fall einwandfreie Sichtverbindung bestand. Wie die Versuche ergaben, liegt die maximale Reichweite bei etwa 30 km. Da bei 24 km noch eine gewisse Reserve vorhanden war, wurde eine etwas größere Höchstreichweite erwartet jedoch geht bei abnehmender Feldstärke bzw. zunehmender Entfernung das Signal sehr bald im Eigenrauschen der Pendelrückkopplungsempfänger unter.

Die Versuche über das Verhalten der Dezimeterlinie beim Betrieb von Hochspannungsmasten aus brachten einige interessante Ergebnisse, die aber auf Grund der bekannten physikalischen Eigenarten von Dezimeterwellen zu erwarten waren.

Zunächst ist zu berücksichtigen, daß jedes elektrisch leitfähige Gebilde, das annähernd in der Polarisationsebene (also senkrecht) orientiert ist und dessen Ausdehnung der halben Wellenlänge oder dem ungeraden Vielfachen davon entspricht, als parasitäres Antennenelement wirkt. Man hat also grundsätzlich Schwierigkeiten zu erwarten, wenn man mit einem Dezimetergerät in unmittelbarer Nähe von Metallmassen arbeiten will. Metallteile können nur dann vorteilhaft sein, wenn man sie in der Verkehrsrichtung als Reflektor benutzen kann. Beim Verkehr von Gittermasten aus wurde in der Nähe von Metallteilen



Strahlungscharakteristik der Dezimetertelefone

oft erhebliche Absorption beobachtet. Durch geringfügige Standortänderungen konnten die Geräte optimal aufgestellt werden.

Wenn mehrere Kilometer von Mast zu Mast zu überbrücken waren, so mußten die Geräte vielfach vor dem Mast (in Verkehrsrichtung) befestigt oder auf eine Traverse gebracht werden. Letztere Maßnahme war besonders dann erforderlich, wenn von Mast zu Mast in einer Geraden über mehrere Kilometer verkehrt werden sollte, da die dazwischenliegenden Maste dann die Feldstärke in der Verkehrsrichtung erheblich schwächten. Offenbar ergibt sich durch die in der Verkehrsrichtung verlaufenden Leiterseile auch keine merkliche Besserung in der Ausbreitung der Dezimeterwellen, da der Durchhang der Leiter in jedem Mastfeld wahrscheinlich viel zu groß gegenüber der geringen Beugung ist, zu der die Dezimeterwellen fähig sind.

Es folgten weitere Versuche aus dem fahrenden Fahrzeug. Dabei war eine ortsfeste Gegenstelle an einem markanten Punkt aufgebaut und der mobile Gerätesatz in einem Kraftfahrzeug untergebracht. Es zeigte sich, daß bei einigermaßen guten Straßenverhältnissen brauchbare Verständigung in einem Entfernungsbereich von etwa 10 bis 12 km möglich war, wenn zwischen den Gegenstellen Sichtverbindung bestand. Wurde ein Gerät stärker erschüttert (schlechte Straße), so machten sich periodische Frequenzänderungen bemerkbar, die auf mechanisches Schwingen frequenzbestimmender Teile zurückzuführen waren und störend wirkten. Da die Richtcharakteristik der Telefone nicht sehr ausgeprägt ist (siehe Bild), konnte ein recht großer Winkelbereich bestrichen werden, ohne daß die Geräte nachgerichtet werden mußten. Während der Fahrt wirkten Bäume, Häuser und sonstige Bodenbedeckungen störend. Manchmal wurde aber auch in Ortschaften gute Verständigung erzielt, obwohl keine Sichtverbindung bestand, was wahrscheinlich auf Reflexion zurückgeführt werden kann.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß Dezimeterverbindungen im Dienste der Energiewirtschaft durchaus brauchbar sind, wenn bei ihrem Einsatz dem physikalischen Verhalten der Dezimeterwellen Rechnung getragen wird. Sie kommen besonders zur Übernahme fester Verkehrsbeziehungen im trägerfrequenten Mehrkanalbetrieb in Frage und als Einkanalverbindungen für „fliegende" Einsätze oder auch für Einkanaldauerverbindungen.

Weniger geeignet sind Dezimeterverbindungen für den Einsatz bei Bautrupps, im Entstörungsdienst, in Kraftfahrzeugen und überall da, wo zwischen den Aufstellungspunkten der Gegenstellen keine quasioptische Sicht besteht.

Die Versuche erstreckten sich über mehrere Monate und wurden teilweise mit Personal durchgeführt, das nur durch eine kurze Einweisung mit der Handhabung der Geräte bekannt gemacht worden war.

Meßschallplatten des VEB „Lied der Zeit"

Eine wichtige Arbeitshilfe für den Techniker sind die sogenannten Meßschallplatten, die eine verhältnismäßig einfache Untersuchung und Prüfung, insbesondere von Tonabnehmern und Wiedergabenadeln, zulassen.

In der Werkstatt und im Labor können derartige Meßschallplatten in Verbindung mit einem einwandfreien Plattenspieler vielfach den Schwebungssummer ersetzen.

Die von einem einwandfreien Tonabnehmer abgegebene Spannung ist beim Abspielen der Platte proportional der aufgezeichneten Lichtbandbreite, so daß die Empfindlichkeit in mV/mm-Lichtbandbreite leicht für die verschiedenen Meßfrequenzen errechnet werden kann. Für die Aufnahme der Frequenzkurve eines Tonabnehmers brauchen die errechneten Werte nur in ein Koordinatensystem eingetragen zu werden. Um einfache Messungen an Verstärkern vorzunehmen, genügt es, die Meßschallplatte mit Hilfe eines Plattenspielers über einen Rundfunkempfänger abzuspielen und von der Sekundärwicklung des Ausgangstransformators durch einen Spannungsteiler geeignete Meßspannungen abzugreifen.

Zum Einstellen und Erproben von Plattenwechslern dient die Meßschallplatte LB 6 mit ihren Leerrillen, so daß der Wechselvorgang durch den großen Rillenabstand nach etwa 15 Sekunden erfolgt. In den Tabellen sind auch die Pegelwerte in db angegeben.

Meßschallplatte LB 1/LB 2, 30 cm Durchmesser, 78 U/min, CCIR-Schneidkurve

Vorderseite LB 1

1000 Hz (30 s); Steuerton 1,3 kHz; gleitende Frequenzen 30 Hz bis 10000 Hz

Frequenz kHz	Lichtbandbreite mm	Pegel db
1	21,5	+ 3
1,3 Steuerton		
0,035	0,3	— 34
0,055	0,6	— 28
0,07	1,1	— 23
0,16	4,6	— 10,6
0,3	9	— 4,8
0,6	12,6	— 1,9
0,8	15,2	0
1	15,2	0
2	15,8	+ 0,3
3	16,9	+ 0,9
4	17,9	+ 1,4
5	20,1	+ 2,4
6	24,6	+ 4,2
7	30	+ 5,9
7,5	37,8	+ 7,9
8	34,8	+ 7,2
9	36,5	+ 7,6
10	46	+ 9,6

Rückseite LB 2

1000 Hz (30 s); stehende Frequenzen 35 Hz bis 9000 Hz

Frequenz kHz	Lichtbandbreite mm	Pegel db
1	21,5	+ 2,7
0,035	0,3	— 34
0,055	0,6	— 28
0,07	1,1	— 23
0,16	4,6	— 10,6
0,3	9	— 4,8
0,6	12,8	— 1,9
0,8	15,7	0
1,5	15,7	0
3	16,6	+ 0,5
5	18,2	+ 1,3
7	27	+ 4,7
9	24,8	+ 4

Meßschallplatte nach DIN 45540 LB 3/LB 4, 30 cm Durchmesser, 78 U/min

Vorderseite LB 3

Frequenz kHz	Lichtbandbreite mm	Pegel db
1	23,5	+ 2,8
9	39,8	+ 7,4
7	35	+ 6,3
5	22	+ 2,3
3	18,2	+ 0,6
1,5	16,6	— 0,2
0,8	17	0
0,6	15	— 1
0,3	12,8	— 2,5
0,16	8	— 6,5
0,07	2,5	— 16,5
0,055	1,7	— 20,7
0,035	0,7	— 27,5

Rückseite LB 4
Gleitende Übergänge

Frequenz kHz	Lichtbandbreite mm	Pegel db
1	16,1	+ 0,2
10	30,6	+ 5,8
8	37,2	+ 7,5
6	23,6	+ 3,5
4	17,5	+ 0,9
2	15,7	0
1	15,7	0
0,5	14,2	— 0,9
0,25	10,5	— 3,5
0,12	5,7	— 8,8
0,08	3,1	— 14,2
0,06	1,5	— 20,5
0,04	0,8	— 26
0,03	0,5	— 32

Meßschallplatte LB 5/LB 6, 25 cm Durchmesser, 78 U/min

Vorderseite LB 5

8000 Hz (20 s); 1000 Hz (20 s); etwa 2 min 100 Hz

Frequenz kHz	Lichtbandbreite mm	Pegel db
8	87	+ 13,4
1	18,6	0
0,1	3,3	— 15

Rückseite LB 6
Leerrillen.

Die Funkmeßtechnik in der Meteorologie

Bestimmung der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung

Windgeschwindigkeit und Windrichtung in größeren Höhen, die für das Flugwesen und den Wetterdienst von großer praktischer Bedeutung sind, wurden bis zur Verbreitung der Funkmeßverfahren hauptsächlich durch die Beobachtung von Pilotballons bestimmt. Die Beobachtung der mit Wasserstoffgas gefüllten Ballons erfolgte mit einem besonderen Theodoliten. Diese Ballons werden beim Hochsteigen gleichzeitig durch den Wind in horizontaler Richtung versetzt. Auf Grund des geringen Gewichtes treiben die aufsteigenden Pilotballons mit der Luftbewegung ab. Sind die Aufstiegsgeschwindigkeit des Pilotballons und die vertikalen bzw. horizontalen Winkel, die während des Aufstiegs mit dem Theodoliten in gleichen Zeitabständen gemessen werden, bekannt, dann ist es möglich, die Lage des Pilotballons auf eine horizontale Ebene zu projizieren. Der Wert der Aufstiegsgeschwindigkeit ist konstant und von der Größe des Ballons abhängig. Die Projektionen entsprechen den durch die Messung erhaltenen Höhen des Pilotballons. Danach lassen sich die Abstände zwischen diesen Projektionen errechnen.

Sind in dem angenommenen Beispiel (Bild 1) durch Beobachtung die vertikalen und horizontalen Winkel des Pilotballons (B 1, B 2, B 3 usw.), die den jeweiligen Ort des Ballons im Raum angeben, bekannt, dann ergeben sich auf der horizontalen Ebene als entsprechende Projektionen des Pilotballons die Punkte P 1, P 2, P 3 usw. Verbinden wir die Punkte B und P, so erhalten wir eine gebrochene Linie. Diese stellt die Projektion des Weges, den der Pilotballon zurückgelegt hat, auf der horizontalen Ebene dar. Da sich der Pilotballon mit dem Wind fortbewegt, charakterisiert die erhaltene Projektion den Verlauf der

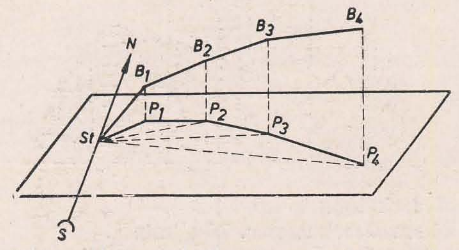


Bild 1: Horizontale Projektion des Weges, den der Pilotballon zurücklegt

Änderungen von Windgeschwindigkeit und Windrichtung in den verschiedenen Höhen.

Nunmehr werden bei einem angenommenen Maßstab die Strecken StP_1, P_1P_2, P_2P_3, usw. der Reihe nach gemessen, wobei der Punkt St den Standort bezeichnet, von dem aus der Aufstieg des Pilotballons erfolgte. Das Meßergebnis dieser Abstände ergibt, dividiert durch die Zeitabstände der Messungen mit dem Theodoliten, die Geschwindigkeit, mit der sich der Pilotballon fortbewegt, das heißt, wir erhalten die Windgeschwindigkeiten in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre. Die Windrichtung in der Atmosphäre ist durch die von den Abschnitten StP_1, P_1P_2, P_2P_3 usw. zur Nord-Süd-Richtung gebildeten Winkel gegeben.

Diesem Verfahren haften jedoch bedeutende Mängel an. Es ist praktisch nur bei guter Wetterlage anwendbar. Bei vorhandener Wolkendecke bleibt die Beobachtung des Pilotballons auf die unteren Schichten der Wolken beschränkt. Nächtliche Beobachtungen eines Pilotballons führen zu großen Schwierigkeiten, weil der Pilotballon mit einer Lichtquelle auszurüsten ist.

Durch Anwendung der Funkmeßtechnik ist es jedoch möglich, die Beobachtungen von Pilotballons auch bei nicht vorhandener Sicht durchzuführen.

Zum erstenmal in der Welt wurden in der Sowjetunion im Jahre 1943 Windgeschwindigkeit und Windrichtung in größeren Höhen mit Hilfe eines Impulsfunkmeßgerätes durch die Meteorologen des Zentralen Aerologischen Observatoriums bestimmt. Am Pilotballon wurde ein Funkwellenreflektor befestigt, wodurch mit Hilfe von Funkmeßstationen der Standort des Pilotballons bestimmt werden konnte.

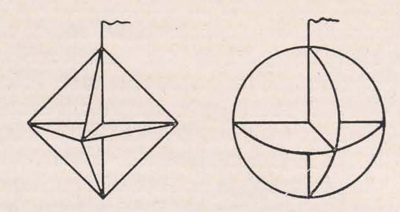
Wie bekannt, lassen sich bei der Funkortung eines Zieles der horizontale Winkel β, der vertikale Winkel ε und die Entfernung D bestimmen. Mit diesen Werten können wir die Höhe des aufsteigenden Pilotballons zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Formel

$$H = D \cdot \sin \varepsilon$$

errechnen.

Bei der Anwendung des Funkmeßverfahrens erhalten wir dieselben Werte wie bei der Beobachtung eines gewöhnlichen Pilotballons mit einem Theodoliten. Der Vorzug des Funkmeßverfahrens besteht in der Möglichkeit, die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung auch über den Wolken sowie in der Nacht zu bestimmen, ohne daß es erforderlich wird, den Pilotballon mit einer Lichtquelle auszustatten. Außerdem zeichnen sich die Funkmeßverfahren durch bessere und genauere Beobachtungen aus.

Die Reflektoren sind 2 m vom Pilotballon entfernt angeordnet, und aus 4 bis 5 mm starkem Kupfer-, Messing- oder Aluminiumdraht gefertigt, wobei die Länge der Drahtabschnitte die Hälfte der Wellenlänge beträgt, mit der das Funkmeßgerät arbeitet. Entsprechend der Polarisation der vom Funkmeßgerät abgestrahlten Wellen werden die Reflektoren horizontal oder vertikal angebracht. Für die Beobachtung mit Funkmeßgeräten, die im Zentimeterwellenbereich arbeiten, benutzt man leichte, gewinkelte Reflektoren (Bild 2), die aus nichtgeglühter Aluminiumfolie, metallisiertem Papier oder aus einem Metallgitter mit einer Maschenweite von 1,0 bis 1,5 cm hergestellt sind.


Bild 2: Gewinkelte Reflektoren, die für Funkmeßverfahren angewendet werden

Ein Nachteil des Funkmeßverfahrens ist die verhältnismäßig geringe Weite der Beobachtung des Pilotballons. Bei größerer Windstärke kann ein solcher Pilotballon bald außerhalb der Reichweite einer Funkmeßstation gelangen.

Daher werden für die Bestimmung der Windgeschwindigkeit und Windrichtung in größeren Höhen Pilotballons mit angehängten kleinen Impulssendern eingesetzt. Durch Peilung eines solchen Senders ist die Beobachtung des Pilotballons selbst in größten Höhen möglich.

Funkortung von Wolken und Niederschlägen

Mit Hilfe von Funkmeßverfahren ist es ebenso möglich, Regenschauer, Gewitter und Böen zu orten. Auf den Bildschirmen der Rundblickindikatoren von Funkmeßgeräten, die in einem Wellenbereich von 10 cm und darunter arbeiten, lassen sich Anhäufungen von Wassertröpfchen in Wolken oder Regentropfen beobachten. Die theoretischen Berechnungen zeigten, daß sich die Impulsenergie, die durch die Ansammlung von Wassertropfen zerstreut wird und die zum Empfänger des Funkmeßgerätes gelangt, direkt proportional zur sechsten Potenz des Wassertropfenhalbmessers verhält. Folglich ist die Intensität des reflektierten Signals um so geringer, je geringer der Radius der Wassertropfen ist. Die Abmessungen der Wassertropfen, die eine Wolke bilden, sind sehr gering. Daher ist ihre Bestimmung äußerst schwierig. Wesentlich leichter lassen sich Regentropfen mit einem Radius zwischen 0,1 bis 3 und 4 mm feststellen. Die reflektierten Signale von zusammengeballten Wassertropfen, die auf dem Bildschirm der Funkmeßanlage beobachtet werden, unterscheiden sich von denen anderer Objekte nach ihrem äußeren Aussehen. Während sich die von erdgebundenen Objekten reflektierten Signale auf den Bildschirmen der Funkmeßanlagen als scharf begrenzte, unbewegliche Lichtflecke abzeichnen, besitzen die von Regentropfen reflektierten Signale verschwommene Konturen, die ihre

Form ändern und Wolkenbildern gleichen. Sie bewegen sich auf dem Bildschirm entsprechend der Bewegung des beobachteten Regens. Eine Verwechslung mit reflektierten Flugzeugbildern in der Luft oder Schiffen auf See ist unmöglich.

Bei Wetterbeobachtungen bildet die von der Funkmeßanlage abgestrahlte Energie längs der Erdoberfläche einen schmalen Strahl (siehe Bild 3a).

Beim Drehen der Antenne tastet das Strahlenbündel den Raum um die Funkmeßstation ab. Trifft der gebündelte Strahl auf seinem Wege auf Regen, dann wird ein Teil seiner Energie durch die Wassertropfen nach allen Richtungen zerstreut. Ein Teil dieser zerstreuten Energie gelangt zur Funkmeßstation zurück und bildet auf dem Schirm des Rundblickindikators ein entsprechendes Bild ab. Das Signal wird im Azimut[1]) der Reflexion des Strahles am Regen sichtbar und befindet sich in entsprechender maßstäblicher Entfernung des Standortes vom georteten Regen (siehe Bild 3b). Durch Beobachtung der auf dem Bildschirm abgebildeten Signale lassen sich die Richtung des Regens und seine Fortbewegungsgeschwindigkeit einfach bestimmen. Bild 4 zeigt als Beispiel die Reihenaufnahme eines Rundblickindikators, der einen sich nähernden Regenschauer geortet hat. Die reflektierten Signale der Regenschauer zeichnen sich auf dem Bildschirm als eine Gruppe weißer Flecke ab. Um 12.35 Uhr (Bild 4a) befinden sich die Flecke nördlich von der Mitte des Bildschirmes in einer maßstäblichen Entfernung von 35 bis 40 km. Der Abstand von Ring zu Ring des Maßstabes entspricht einer Entfernung von 5 km. Das bedeutet, daß zu diesem Zeitpunkt die Niederschläge 35 bis 40 km in nördlicher Richtung von der Funkmeßanlage niedergingen. Um 13.15 Uhr (Bild 4b) nähert sich der Streifen von weißen Flecken mit veränderter Form auf 10 bis 5 km der Funkmeßanlage. 14.32 Uhr (Bild 4c) fällt der Regen unmittelbar am Standort der Funkmeßanlage nieder, während es um 16.12 Uhr (Bild 4d) südlich von der Funkmeßstation regnet.

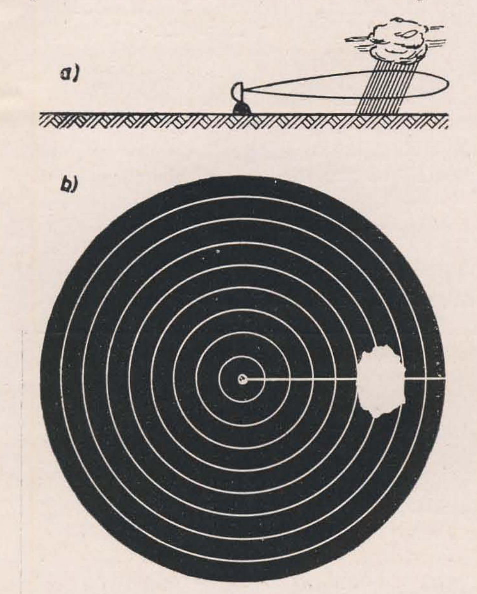


Bild 3: a) Funkortung von Regen mit einer erdgebundenen Funkmeßstation
b) Die Darstellung des Regens auf dem Bildschirm eines Rundblickindikators

Das Beobachten und Auswerten der Fortbewegung von Regengebieten auf dem Wege der telegrafischen oder telefonischen Durchsage von Wetterstandsmeldungen durch einzelne Wetterwarten gewährleistet nur ein angenähertes Bild der tatsächlichen Wetterlage, weil die Wetterwarten in der Regel sehr weit voneinander entfernt liegen. Auf dem Bildschirm des Funkmeßgerätes ist jedoch das gesamte Regengebiet sichtbar. Die Fortbewegungsgeschwindigkeit des Regens läßt sich äußerst einfach bestimmen. Auf diese Art kann man mit einer auf einem Flugplatz befindlichen Funkmeßstation rechtzeitig die Zeit von niedergehenden Regenschauern voraussagen. Regenschauer sind in der Regel von Gewittern und Böen begleitet. Die Meteorologen des Flugplatzes beobachten die Wetterlage in den Gebieten der Flugstrecken und geben die Meldungen an den Flugdienstleiter weiter. Dieser setzt die im Flug befindlichen Flugzeuge über die Wetterveränderungen auf der Flugstrecke in Kenntnis. Flugzeuge, die mit Funkmeßgeräten ausgerüstet sind und deren Sender in Flugrichtung strahlen, können während des Fluges Gewitterregen orten (siehe Bild 5). Die Ortung von Gewitterregen während des Fluges gestattet den Flugzeugführern, bei auftretenden Gewittern den Kurs zu ändern und das Gewittergebiet zu umfliegen.

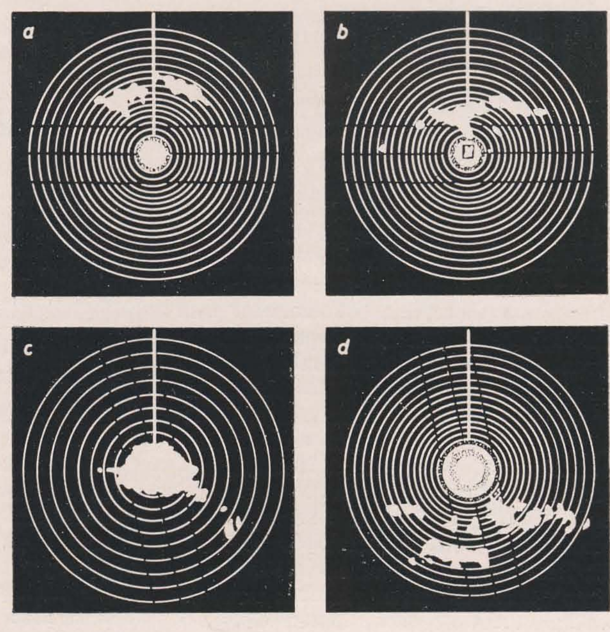
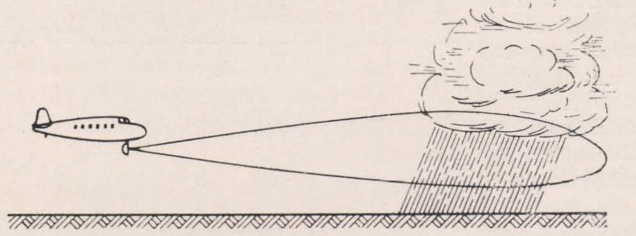


Bild 4: Darstellung eines Regenschauers auf dem Bildschirm des Rundblickindikators
a) 12.35 Uhr b) 13.15 Uhr
c) 14.32 Uhr d) 16.12 Uhr

In der Hochseeschiffahrt machen es die Funkmeßverfahren möglich, gefährliche meteorologische Erscheinungen, wie zum Beispiel mächtige Gewitterstürme, zu orten. Die Windgeschwindigkeit kann bei Taifunen 100 m/s erreichen. Bis zur Einführung der Funkmeßtechnik konnten Taifune auf See nur nach einigen ungenügenden äußeren Anzeichen vorausgesagt werden. An Hand dieser Angaben war es sehr schwer, die Lage des Taifuns, die Grenzen seiner Ausdehnung und seine Fortbewegungsrichtung zu bestimmen. Das Kerngebiet des Taifuns mit den charakteristischen starken Regengüssen wird auf dem Bildschirm des Funkmeßgerätes in Form von hellen wolkenartigen Flecken dargestellt (siehe Bild 6). Nach den Umrissen und der Richtung, in der sich das Signalbild fortbewegt, kann man sich über das Gebiet des Taifuns und die Fortbewegungsrichtung ein klares Bild machen.

Auch in der Landwirtschaft finden Funkmeßstationen im Dienste der Meteorologie Anwendung. Eine rechtzeitige Voraussage über Regen, Gewitter und Niederschläge, die den Kolchosen und Sowjetgütern mitgeteilt wird, erlaubt es, dementsprechende Maßnahmen besonders während der Ernte zu ergreifen. Bei einem Wirkungsbereich der Funkmeßanlagen von 200 km können die einzelnen Kreise fünf bis acht Stunden vor dem Regen oder dem Gewitter benachrichtigt werden. Die Funkmeßtechnik ist in hervorragender Weise in den Dienst der Meteorologen gestellt worden. Sie hilft, die für die Luftfahrt und Schiffahrt wie auch für die Landwirtschaft so bedeutenden meteorologischen Erscheinungen leichter und präziser zu erkennen.



← Bild 5: Funkortung von Regen mit einer in einem Flugzeug eingebauten Funkmeßanlage



Bild 6: Darstellung eines Taifuns auf dem Bildschirm eines Rundblickindikators ↓

[1]) Azimut (arab.), der Winkel auf dem Horizontalkreis zwischen Meridian und Höhenkreis a) eines Gestirns (in der Astronomie) b) eines Erdpunktes in der Landvermessung.

W. LÄUBRICH

Grafische Bestimmung von Scheinwiderständen

Grundlagen der symbolischen Rechnung

Blindwiderstände ebenso wie Wirkwiderstände kommen in der Regel nicht „rein" vor. Selbstinduktionen weisen stets einen Ohmschen Widerstand und eine Eigenkapazität auf. Kapazitäten besitzen außer einem bestimmten Widerstand auch eine gewisse Selbstinduktion. An Widerständen sind je nach ihrer Wicklungsart gleichzeitig auch eine Selbstinduktion und eine Kapazität festzustellen. Um derart verwickelte Vorgänge anschaulich zu gestalten, ist die symbolische Darstellung von Vektoren unerläßlich. Mit Hilfe von Vektoren, die in der Gaußschen[1]) Zahlenebene angeordnet und eindeutig bestimmt sind, lassen sich beliebige Vorgänge in einem Wechselstromkreis darstellen.

Eine Größe, die ihre Richtung nur in der zweidimensionalen Ebene verändern kann, bezeichnet man eigentlich als „Zeiger", gegenüber dem in der Physik üblichen „Vektor" im dreidimensionalen Raum. Für die Addition dieser Vektoren gilt jedoch das gleiche Gesetz wie für die Wechselstromzeiger, weshalb auch das Zeigerschaubild allgemein als Vektorendiagramm bezeichnet wird. Die grafische Darstellung beruht darauf, daß die Projektion eines im Gegensinn des Uhrzeigers umlaufenden Vektors auf die senkrechte Achse des Koordinatensystems die jeweiligen Augenblickswerte der Wechselspannung oder des Wechselstroms kennzeichnet, wenn die Länge des Vektors gleich der Amplitude dieser Größen ist und der Drehpunkt im Koordinatenmittelpunkt liegt. Ein oder mehrere Vektoren, die im Vektorendiagramm in ihrer Länge und Richtung gekennzeichnet sind, geben schon allein durch die Betrachtung hinreichend Aufschluß über die Eigenschaften der Wechselstromgrößen. Frakturbuchstaben (deutsche Schrift) dienen in der symbolischen Methode zur Kennzeichnung der Vektoren, während die absoluten Beträge ohne Rücksicht auf ihre Richtung durch einen lateinischen Buchstaben Z oder durch einen Frakturbuchstaben, der von zwei senkrechten Strichen $|\mathfrak{Z}|$ eingeschlossen ist, dargestellt werden. Die „imaginäre Einheit" $j = \sqrt{-1}$ ist das Symbol der Drehung um $90° = \frac{\pi}{2}$.

Dem Winkel 90° entspricht j,
dem Winkel 180° entspricht $j^2 = -1$,
dem Winkel 270° entspricht $j^3 = -j$,
dem Winkel 360° entspricht $j^4 = 1$.

Die Multiplikation eines Vektors mit dem Symbol j bedeutet eine Vorwärtsdrehung im Uhrzeigersinn um 90° und eine Multiplikation mit —j eine Vorwärtsdrehung um 270° bzw. eine Rückwärtsdrehung um 90°. Die Division eines Vektors durch j bedeutet eine Rückwärtsdrehung um 90°, eine Division durch —j eine Rückwärtsdrehung um 270°, was einer Vorwärtsdrehung von 90° entspricht. Die „imaginären" Zahlen sind genauso „wirklich" wie die positiven oder negativen rationalen Zahlen. Das Symbol j kann genau wie eine unbestimmte Rechengröße behandelt werden, doch ist zu berücksichtigen, daß höhere Potenzen von j nicht bestehenbleiben und gegebenenfalls eine komplexe Zahl ergeben $(a + jb)$. Zur Übersicht sind die wichtigsten Umrechnungsarten aufgeführt.

$$j = \sqrt{-1}$$

$$j^2 = \sqrt{-1} \cdot \sqrt{-1} = -1$$

$$j^3 = \sqrt{-1} \cdot \sqrt{-1} \cdot j = -1 \cdot j = -j$$

$$j^4 = -1 \cdot -1 = 1$$

$$\frac{1}{j} = \frac{1}{\sqrt{-1}} = \frac{\sqrt{-1}}{\sqrt{-1} \cdot \sqrt{-1}} = -j$$

$$\frac{1}{j^2} = \frac{1}{-1} = -1$$

$$\frac{1}{j^3} = \frac{1}{-j} = -1 \cdot \frac{1}{j} = j$$

$$\frac{1}{j^4} = 1$$

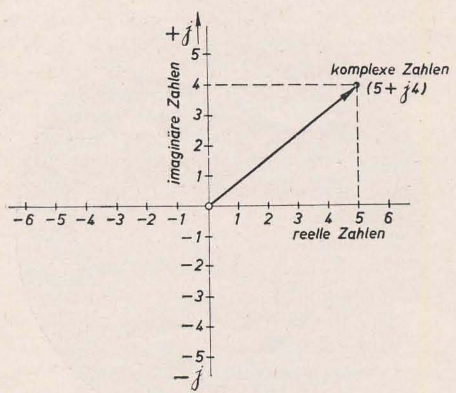


Bild 1: Gaußsche Zahlen

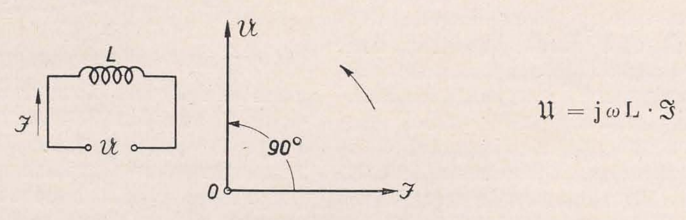
Die Grundgesetze der Wechselstromtechnik in symbolischer Darstellung

a) Rein Ohmscher Widerstand

$$\mathfrak{U} = R \cdot \mathfrak{J}$$

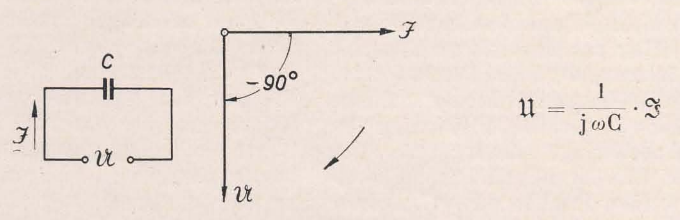
Die Spannung $\mathfrak{U}$ und der Strom $\mathfrak{J}$ sind in Phase, $\varphi = 0$.

b) Reine Induktivität



Die Spannung $\mathfrak{U}$ eilt dem Strom $\mathfrak{J}$ um 90° voraus[2]), $\varphi = 90°$.

c) Reine Kapazität

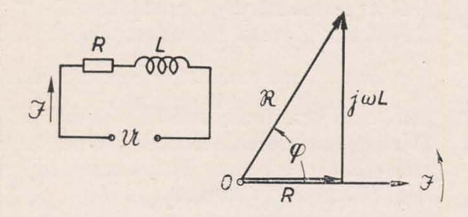


Die Spannung $\mathfrak{U}$ eilt dem Strom $\mathfrak{J}$ um 90° nach, $\varphi = -90°$.

[1]) Benannt nach dem bedeutenden Mathematiker und Astronomen Karl Friedrich Gauß (1777 bis 1855), der als Professor und Direktor der Sternwarte in Göttingen wirkte.

[2]) Induktivität: I eilt der Spannung nach (Gedächtnisregel).

d) Ohmscher und induktiver Widerstand in Reihe

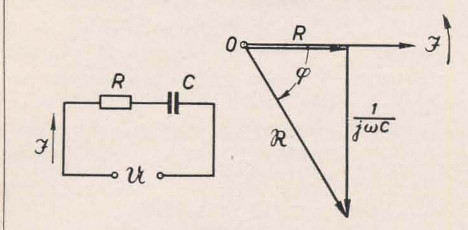


$$\mathfrak{R} = \mathrm{R} + \mathrm{j}\omega\mathrm{L}$$

$$|\mathfrak{R}| = \sqrt{\mathrm{R}^2 + (\omega\mathrm{L})^2}$$

$$\mathrm{tg}\varphi = \frac{\omega\mathrm{L}}{\mathrm{R}}$$

e) Ohmscher und kapazitiver Widerstand in Reihe

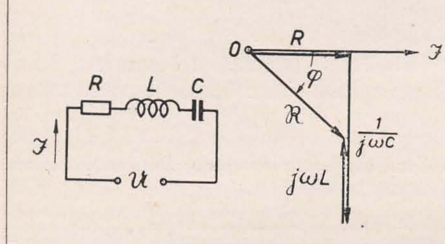


$$\mathfrak{R} = \mathrm{R} + \frac{1}{\mathrm{j}\omega\mathrm{C}} = \mathrm{R} - \mathrm{j}\frac{1}{\omega\mathrm{C}}$$

$$|\mathfrak{R}| = \sqrt{\mathrm{R}^2 + \left(\frac{1}{\omega\mathrm{C}}\right)^2}$$

$$\mathrm{tg}\varphi = -\frac{1}{\mathrm{R}\cdot\omega\mathrm{C}}$$

f) Ohmscher, induktiver und kapazitiver Widerstand in Reihe

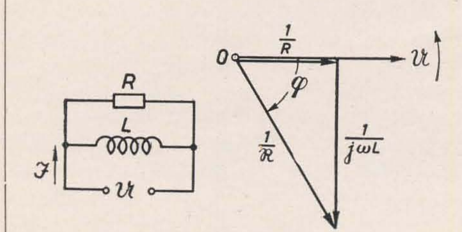


$$\mathfrak{R} = \mathrm{R} + \mathrm{j}\omega\mathrm{L} + \frac{1}{\mathrm{j}\,\omega\,\mathrm{C}} = \mathrm{R} + \mathrm{j}\left(\omega\mathrm{L} - \frac{1}{\omega\mathrm{C}}\right)$$

$$|\mathfrak{R}| = \sqrt{\mathrm{R}^2 + \left(\omega\mathrm{L} - \frac{1}{\omega\mathrm{C}}\right)^2}$$

$$\mathrm{tg}\varphi = \frac{\omega\mathrm{L} - \frac{1}{\omega\mathrm{C}}}{\mathrm{R}}$$

g) Ohmscher und induktiver Widerstand parallel

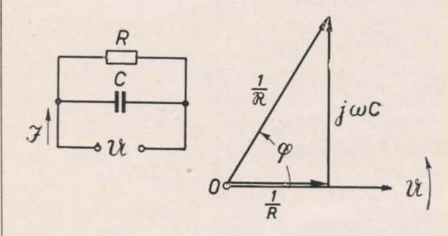


$$\frac{1}{\mathfrak{R}} = \frac{1}{\mathrm{R}} + \frac{1}{\mathrm{j}\omega\mathrm{L}}$$

$$\frac{1}{|\mathfrak{R}|} = \sqrt{\frac{1}{\mathrm{R}^2} + \left(\frac{1}{\omega\mathrm{L}}\right)^2}$$

$$\mathrm{tg}\varphi = -\frac{\mathrm{R}}{\omega\mathrm{L}}$$

h) Ohmscher und kapazitiver Widerstand parallel

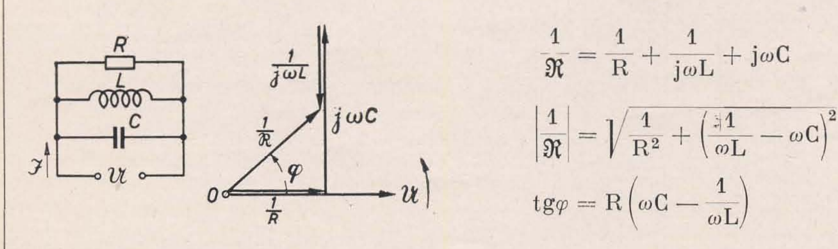


$$\frac{1}{\mathfrak{R}} = \frac{1}{\mathrm{R}} + \mathrm{j}\omega\mathrm{C}$$

$$\left|\frac{1}{\mathfrak{R}}\right| = \sqrt{\frac{1}{\mathrm{R}^2} + (\omega\mathrm{C})^2}$$

$$\mathrm{tg}\varphi = \mathrm{R}\cdot\omega\mathrm{C}$$

i) Ohmscher, induktiver und kapazitiver Widerstand parallel



$$\frac{1}{\mathfrak{R}} = \frac{1}{\mathrm{R}} + \frac{1}{\mathrm{j}\omega\mathrm{L}} + \mathrm{j}\omega\mathrm{C}$$

$$\left|\frac{1}{\mathfrak{R}}\right| = \sqrt{\frac{1}{\mathrm{R}^2} + \left(\frac{1}{\omega\mathrm{L}} - \omega\mathrm{C}\right)^2}$$

$$\mathrm{tg}\varphi = \mathrm{R}\left(\omega\mathrm{C} - \frac{1}{\omega\mathrm{L}}\right)$$

Aus jedem Vektorendiagramm läßt sich bei einem entsprechend gewählten Maßstab der Scheinwiderstand oder Leitwert grafisch bestimmen. Liegt nur eine Parallel- oder Reihenschaltung vor, dann ist eine Konstruktion sehr einfach. Bei gemischten Schaltungen, die teils in Reihe, teils parallel geschaltete Glieder enthalten, wird eine Konstruktion schon etwas schwieriger. Mit Hilfe der symbolischen Rechnung kann zwar eine Parallel- in eine Reihenschaltung verwandelt werden, doch gerade Praktiker sind zum großen Teil kaum von einer umfangreichen Rechnung begeistert, deshalb soll eine Methode gezeigt werden, die auch bei sogenannten gemischten Schaltungen mit Hilfe der Inversion eine grafische Bestimmung des Scheinwiderstandes gestattet. Ist ein Vektor $\mathfrak{R}$ gegeben, so unterscheidet sich der konjugierte komplexe Vektor $\overline{\mathfrak{R}}$ nur durch das Vorzeichen der Imaginärteile, er liegt also in bezug auf die reelle Achse spiegelbildlich. Der Spiegelvektor hat somit auch den gleichen Absolutwert und steht gemeinsam mit dem Vektor $\mathfrak{R}$ in enger Beziehung zu dem reziproken Vektor $\frac{1}{\mathfrak{R}}$.

Bild 2: Darstellung des Spiegelvektors

Diese Verwandtschaft wird als Inversion bezeichnet. Der invertierte Vektor ist jedoch nicht mit dem Vektor $\mathfrak{R}$ phasengleich. Es soll nicht auf die einfache Konstruktion eingegangen werden, die diese Inversion geometrisch ermöglicht, sondern auf die einfache Lösung, den Vektor $\mathfrak{R}$ in einem bestimmten Maßstab zu verkleinern und dann das gesamte Koordinatensystem 180° um die reelle Achse zu schwenken.

Die ursprüngliche Widerstandsebene ist nunmehr eine Leitwertebene, bei der jedoch die Drehrichtung der Vektoren zu beachten ist. Auf dieser Basis lassen sich

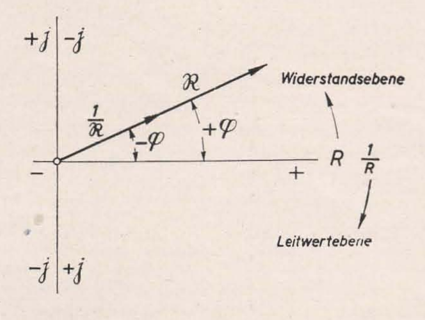


Bild 3: Widerstands- und Leitwertebene

dann genauso je eine Widerstands- und Leitwertebene in einem Koordinatensystem vereinigen (Bild 3).

1. Beispiel

Es soll der Scheinwiderstand $\mathfrak{Z}$ der im Bild 4 dargestellten Widerstandsanordnung grafisch bestimmt werden. Die Frequenz des Wechselstromes sei 160 kHz, $C_1 = C_2 = 20$ nF, $L = 0{,}1$ mH, $R = 60\Omega$.

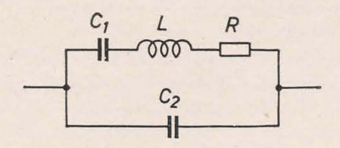


Bild 4: Reihen- und Parallelschaltung von C_1, L, R und C_2

$$20\text{ nF} = 2 \cdot 10^{-8}\text{ F},\ 0{,}1\text{ mH} = 1 \cdot 10^{-4}\text{ H}.$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 160\,000,$$

$$\omega = 1\,004\,800 \approx 1 \cdot 10^6,$$

$$|\mathfrak{R}_1| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C_1}\right)^2}.$$

Maßstab der Widerstände: 1 Ω ≙ 1 mm.

$$\frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{1 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-8}} = \frac{100}{2}$$

$$= 50\,\Omega \triangleq 50\text{ mm}$$

$$\omega L = 1 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 1 \cdot 10^2$$

$$= 100\,\Omega \triangleq 100\text{ mm}$$

$$R = 60\,\Omega \triangleq 60\text{ mm}$$

Maßstab der Leitwerte:

$$0{,}0005\text{ S} \triangleq 1\text{ mm}.$$

$$\omega C_1 = \omega C_2 = \frac{1}{50} = 0{,}02\text{ S} \triangleq 40\text{ mm}$$

Auf der Widerstandsebene wird vorerst R = 60 mm in Phase mit dem Strom $\mathfrak{I}$ dargestellt. Am Endpunkt des Vektors, wird der induktive Widerstand $j\omega L$ um 90° vorauseilend und der kapazitive Widerstand $\frac{1}{j\omega C}$ dem Strom um 90° nacheilend eingezeichnet. Der resultierende Vektor ist dann $\mathfrak{R}_1$. Die Länge des Vektors in mm ist gleichzeitig dessen Scheinwiderstand. Für die Parallelschaltung gilt die Leitwertebene, und da für $\mathfrak{R}_1 = 78$ mm, also 78 Ω, mit Hilfe eines Bandmaßes festgestellt wurde, beträgt der Leitwert

$$G = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{78} = 0{,}0128\text{ S}.$$

Entsprechend dem gewählten Maßstab 0,0005 S ≙ 1 mm erfordert der Vektor $\frac{1}{\mathfrak{R}}$ eine Länge von 25,6 mm. Am Endpunkt der ermittelten und auf dem Vektor $\mathfrak{R}_1$ eingezeichneten Strecke wird der kapazitive Leitwert der Spannung um 90° nacheilend aufgetragen.

Die mit dem Bandmaß ermittelte Länge des resultierenden Vektors $\frac{1}{\mathfrak{Z}}$ beträgt 31 mm, also $0{,}0005 \cdot 31 = 0{,}0155$ S oder $\frac{1}{0{,}0155} = 64{,}5\,\Omega$.

$$\mathfrak{Z} = 64{,}5\,\Omega \triangleq 64{,}5\text{ mm}$$

Der Phasenwinkel φ ist

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{23{,}5}{20} = 1{,}175\,,$$

$$\varphi = 49{,}6°.$$

Der Strom eilt der Spannung um 49,6° nach.

2. Beispiel

Die im ersten Beispiel gezeigte Schaltung soll um einen Ohmschen Widerstand

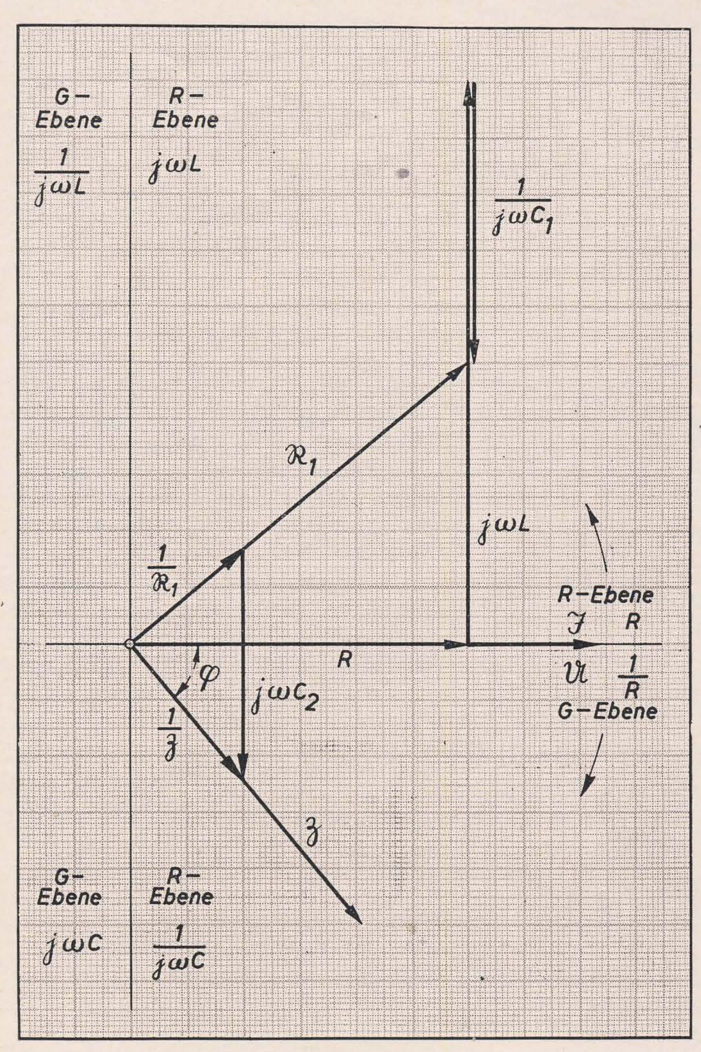


Bild 6: Grafische Bestimmung des Scheinwiderstandes der Schaltung im Bild 4

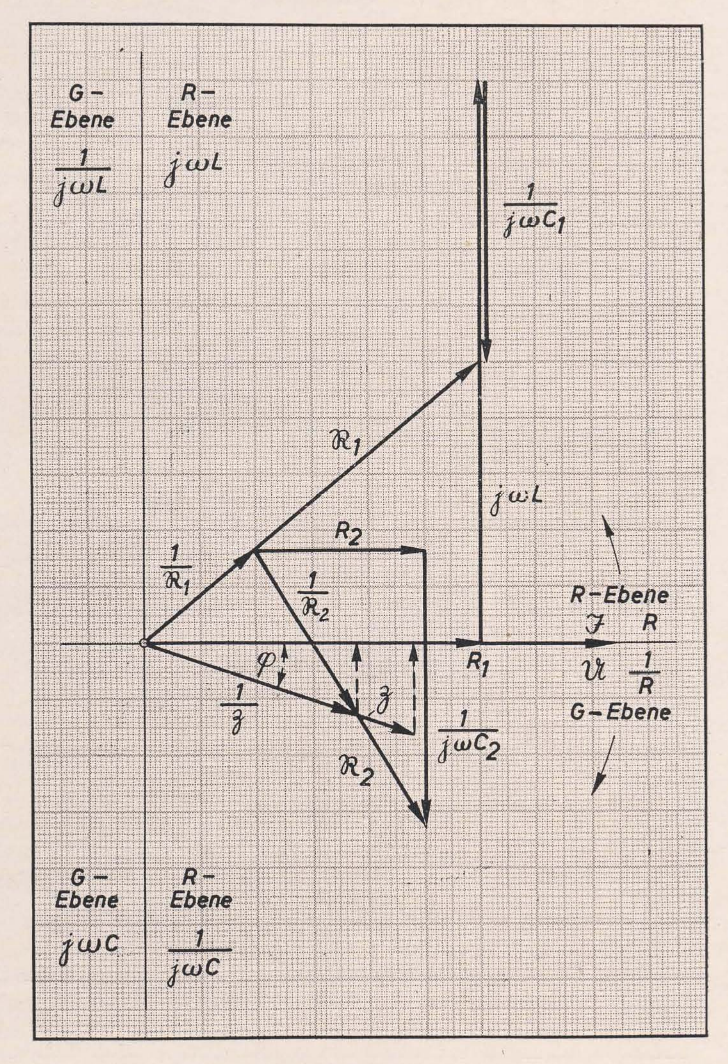


Bild 7: Grafische Bestimmung des Scheinwiderstandes der Schaltung im Bild 5

erweitert werden. Bild 5 zeigt die Änderung. $C_1 = C_2 = 20$ nF, $L = 0{,}1$ mH, $R_1 = 60\,\Omega$, $R_2 = 30\,\Omega$.

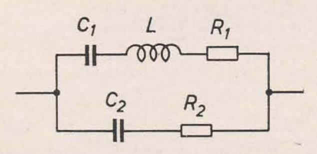


Bild 5: Reihen- und Parallelschaltung von C_1, L, R_1, C_2 und R_2

$$|\mathfrak{R}_1| = \sqrt{R_1^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C_1}\right)^2}$$

$$|\mathfrak{R}_2| = \sqrt{R_2^2 - \left(\frac{1}{\omega C_2}\right)^2}$$

Im Prinzip ist der Vorgang ähnlich wie im ersten Beispiel, doch ist zu beachten, daß der resultierende Vektor stets nur aus zwei Leitwert- oder Widerstandsvektoren gebildet werden kann. An dem Endpunkt des Leitwertvektors $\frac{1}{\mathfrak{R}_1}$ wird der Ohmwert des im zweiten Parallelzweig liegenden Widerstandes R_2 parallel zur reellen Achse in die Widerstandsebene eingetragen; um 90° nacheilend der kapazitive Widerstand $\frac{1}{j\,\omega C_2}$.

Der Scheinwiderstand des zweiten Parallelzweiges $\mathfrak{R}_2$ ist durch den resultierenden Vektor gegeben, der, auf den Leitwert reduziert, den Gesamtleitwert $\frac{1}{\mathfrak{Z}}$ in Siemens abzulesen gestattet. Da der Scheinwiderstand $\mathfrak{Z}$ gesucht ist, wird nur eine entsprechende Umrechnung erforderlich. Für $\mathfrak{R}_2$ ergeben sich 58 mm $\triangleq$ 58 Ω.

$$\frac{1}{\mathfrak{R}_2} = \frac{1}{58} = 0{,}0172\ \text{S} \triangleq 34{,}5\ \text{mm}$$

$$\frac{1}{\mathfrak{Z}} \triangleq 39{,}5\ \text{mm} \triangleq 0{,}0198\ \text{S},$$

$$\mathfrak{Z} = \frac{1}{0{,}0198} = 50{,}5\,\Omega$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{16{,}5}{48} = 0{,}344$$

$$\varphi = 19°.$$

Der Strom eilt der Spannung um 19° nach.

Aus dem Vektorendiagramm ist ferner ersichtlich, daß die Größe einer Spule bestimmt werden kann, die, in Reihe geschaltet, die Phasenverschiebung aufhebt. Dem Maßstab entsprechend muß ihr Blindwiderstand 16,5 Ω (16,5 mm) betragen (gestrichelter Vektor).

Also

$$\omega L = 16{,}5\,\Omega,$$

$$L = \frac{16{,}5}{\omega} = \frac{16{,}5}{10^6} = 16{,}5 \cdot 10^{-6},$$

$$L = 16{,}5\ \mu\text{H}.$$

Die Phasenverschiebung läßt sich durch eine parallel geschaltete Spule von 0,0065 S (13 mm) mit einem Blindwiderstand von

$$j\omega L = \frac{1}{0{,}0065} = 153{,}8\,\Omega \text{ vermeiden.}$$

$$L = \frac{153{,}8}{10^6} = 1{,}538 \cdot 10^{-4} = 0{,}154\ \text{mH}$$

Wußten Sie schon...

wie die Techniker zu den allgemein üblichen Werten für unsere Netzspannungen gekommen sind?

Diese Frage läßt sich leicht beantworten, wenn wir uns in das letzte Viertel des vorigen Jahrhunderts zurückversetzen. Damals begann die neue Energie, Elektrizität genannt, die Welt zu erobern.

Die Bogenlampe ist Schuld daran

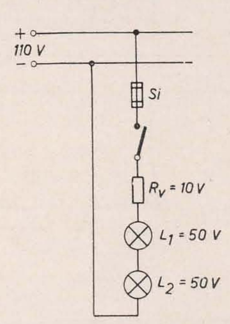
Für Beleuchtungen von Bahnhöfen, Großstadtstraßen und andere Beleuchtungszwecke wurde die Bogenlampe verwendet, die eine mittlere Brennspannung von etwa 50 Volt erforderte. Schon damals wußte man, daß ein Netz mit dieser niedrigen Spannung wegen des dabei auftretenden unwirtschaftlichen Leistungsverlustes auf den Leitungen nicht betriebsfähig war. So schaltete der Praktiker zwei Bogenlampen zu je 50 Volt in Reihe. Damit wurden zunächst 100 Volt gebraucht.

Ein Vorwiderstand ist erforderlich

Jede Bogenlampe flackert und brennt ungleichmäßig, wenn sie unmittelbar an die Spannungsquelle geschaltet wird. Ein einfaches Mittel, den Lichtbogen ruhig brennen zu lassen, besteht darin, die Lampe über einen in Reihe liegenden Widerstand zu betreiben. Dieser Vorwiderstand kann für mehrere in Reihe liegende Bogenlampen gemeinsam arbeiten. Leider ist aber diese Maßnahme wieder mit einem Nachteil verbunden. An dem Vorwiderstand entsteht auch ein Spannungsabfall. Dafür rechnet man rund 10 Volt, die zusammen mit den 100 Volt für die zwei Bogenlampen eine Spannung von insgesamt 110 Volt erfordern.

Diese Spannung wurde zum Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung.

Der Strombedarf erhöhte sich und die Leitungen wurden immer länger. Täglich wuchs die Zahl der Stromverbraucher. Die inzwischen vervollkommneten Glühlampen wurden fast überall verwendet. In Werkstätten und Betrieben hielt der Elektromotor seinen Einzug. Bald mußten die Techniker erkennen, daß ein 110-Volt-Netz bei dem großen Strombedarf und den immer länger werdenden Leitungen nicht mehr ausreichte.



220 Volt brachten den Ausweg

Nach dem Leistungsgesetz ergibt sich bei doppelter Spannung und gleichbleibender Leistung nur der halbe Strom. Man schaltete daher zwei Generatoren zu je 110 Volt in Reihe. Mit den erzielten 220 Volt konnten die Verbraucher in wirtschaftlich tragbarem Rahmen weiter versorgt werden. Aber bald traten erneut die alten Schwierigkeiten mit den Spannungsabfällen auf den Leitungen auf. Für einen wirtschaftlichen Betrieb war es erforderlich, die Netzspannung noch weiter zu erhöhen. Da für die Hausanschlüsse eine höhere Spannung als 220 Volt gefährlich erschien, mußte ein neuer Ausweg gesucht werden. Man schaltete zwei Generatoren mit je 220 Volt in Reihe. Das ergab 440 Volt.

Diese neue Spannung nannten die Techniker Kraftspannung, weil sie ausschließlich zum Betrieb von Motoren diente. Durch einen kleinen Schaltungskniff, und zwar beim Mitbenutzen des sogenannten Mittelleiters, lassen sich aus dem gleichen Netz zweimal 220 Volt entnehmen. Diese beiden Spannungen werden gesondert und möglichst gleichmäßig hinsichtlich der zu erwartenden Belastung auf die Hausanschlüsse verteilt.

So gestaltete sich die Entwicklung der Netzgleichspannungen von 110 auf 220 und 440 Volt, die heute noch in Gleichstromnetzen zu finden sind; sie gelten sogar als Normspannungen.

Der Wechselstrom verdrängte den Gleichstrom fast völlig

Seiner Vorteile wegen arbeitete man nach der Jahrhundertwende fast nur noch mit Wechselstrom. Die Vorteile bestehen darin, daß sich der Wechselstrom beliebig herauf- oder heruntertransformieren läßt. Hochgespannte Wechselströme können auf weite Strecken sehr wirtschaftlich übertragen werden. Am Verbrauchsort oder mitten im Verbraucherzentrum wird dann die Hochspannung auf die Verbraucherspannungen transformiert.

Als Vorzugsspannung für den Hausbedarf lagen 220 Volt fest.

Für größere Motoren bestanden natürlich mit 220 Volt Wechselspannung wieder die alten Schwierigkeiten. Jedoch ist es mit Hilfe der Transformatoren möglich, die verschiedensten Spannungen zu erreichen.

Wie erhält man in Drehstromnetzen 127 und 380 Volt

Beim Dreiphasenwechselstromnetz, das meist kurz Drehstromnetz genannt wird, ergibt sich eine merkwürdige Tatsache. Gehen wir von der Vorzugsspannung 220 Volt aus, so ergibt sich einmal durch die Verkettung eine Spannung von $220 \cdot 1{,}73 = 380$ Volt. Auf der anderen Seite entstehen durch die Verkettung $220 : 1{,}73 = 127$ Volt. Diese Spannung finden wir in älteren Netzen.

So bestimmte die geschichtliche Entwicklung der Elektrotechnik unsere Netzspannungen. In Gleichstromnetzen finden wir 110, 220 und 440 Volt. Bei Drehstrom führen die Leitungen 127, 220 und 380 Volt. *Eri*

HERBERT BURKHARDT

Elektroakustische Anlagen

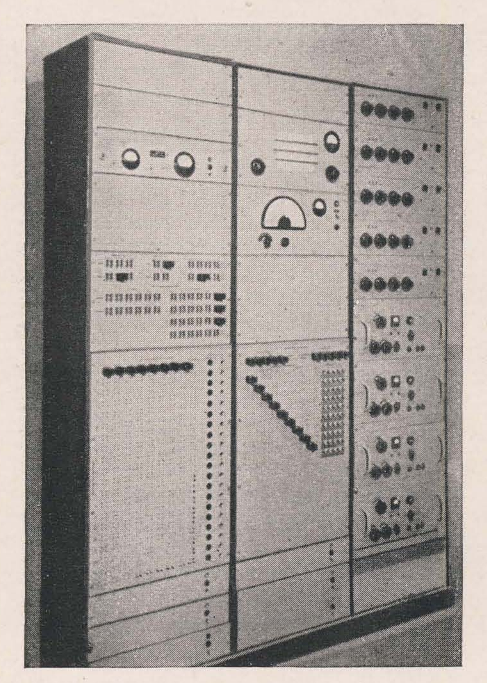


Bild 1: Verstärkergestell einer größeren elektroakustischen Anlage

Elektroakustische Anlagen sind heute unentbehrliche Helfer in den Produktionsstätten, Verwaltungen und Behörden. Mit Hilfe von Lautsprecheranlagen kann man beispielsweise allen Werktätigen eines Betriebes wichtige Mitteilungen gleich an ihren Arbeitsplätzen übermitteln. Auch in Schulen, Hotels, Krankenhäusern, auf der Straße, auf Bahnhöfen und sogar in Reisezügen spricht man die Menschen über Lautsprecher an, bietet ihnen Aktuelles und Unterhaltung. Unerläßlich sind Beschallungsanlagen bei Massendemonstrationen, Versammlungen, Kongressen und Sportveranstaltungen. Überall werden sie zur Leistungssteigerung in den Betrieben, zur Vermeidung von Unfällen sowie zur termingemäßen Abwicklung aller möglichen Vorgänge eingesetzt. Die gestellten Aufgaben und die Möglichkeiten des Einsatzes auf dem Gebiete der Elektroakustik sind so vielfältig, daß sich diese Probleme nicht mehr nebenbei lösen lassen. Elektroakustik und Beschallungstechnik haben sich in den letzten Jahren zu einem Spezialgebiet entwickelt, das von jedem, der sich damit beschäftigt, umfassende Kenntnisse erfordert.

Im Rahmen dieser Betrachtungen sollen insbesondere elektroakustische Anlagen für Betriebe, Schulen, Hotels, Krankenhäuser und ähnliche Einrichtungen besprochen werden. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß die allgemein üblichen Bezeichnungen „Betriebsfunk", „Schulfunk" und andere unzutreffend sind. Derartige Anlagen werden besser und richtiger mit Betriebslautsprecher- oder Schullautsprecheranlagen bezeichnet. Der Ausdruck „Funk" muß und soll ausschließlich der drahtlosen Übermittlung von Zeichen und Sprache vorbehalten bleiben.

Für die Planung einer elektroakustischen Anlage muß eine klare Aufgabenstellung vorliegen. Aus ihr soll genau ersichtlich sein, welche Aufgaben die Anlage zu erfüllen hat, welchen Zwecken sie dienen soll und welche Funktionen von ihr gefordert werden. Die Planung setzt weiterhin eine gute Kenntnis des Ortes und der Räume voraus. Bekanntlich ist die Akustik eines zu beschallenden Raumes hauptsächlich von seiner Form und Gestaltung abhängig. Die Raum- und Bauakustik und auch die Grundbegriffe der Akustik selbst müssen wegen ihres großen Fragenkomplexes einmal besonders behandelt werden. Eines ist aber jetzt schon festzustellen: Erst nach gegenseitiger Abstimmung der Eigenarten und Eigenschaften des zu beschallenden Raumes und der elektroakustischen Anlage wird das Maximum an guter Wiedergabe erzielt. Es sollten zukünftig nur elektroakustische Anlagen, die möglichst naturgetreue Wiedergabe zulassen, erstellt werden. Mit den heute lieferbaren Geräten und Teilen lassen sich Anlagen mit sehr guter abgestrahlter Schallqualität aufbauen. Viele der bestehenden Lautsprecheranlagen sind nur akustische Berieselungseinrichtungen. Ihnen haftet in viel zu starkem Maße noch der sogenannte Lautsprecherton an. Aufgabe der Fachkollegen wird es sein, künftig nur noch Anlagen mit einwandfreier Wiedergabe zu bauen und die bestehenden entsprechend zu verbessern. Zur Erreichung dieses Zieles dürfen nicht irgendwelche Tonquellen, Verstärker und Lautsprecher zusammengeschaltet werden. Die verwendeten Teile müssen vielmehr elektrisch aufeinander abgestimmt sein (richtige Anpassung). Erstrebenswert ist es, den Raum akustisch richtig zu gestalten, doch läßt sich diese Forderung in den wenigsten Fällen erfüllen. Diese wenigen Ausführungen mögen genügen, um einmal aufzuzeigen, wie wichtig und unerläßlich es ist, sich mit den Gesetzen und Problemen der Elektroakustik zu befassen, um einwandfreie Beschallungsanlagen zu bauen.

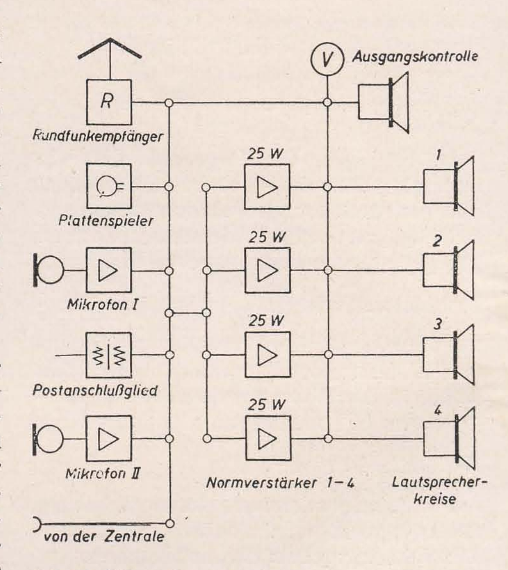


Bild 3: Übersichtsplan einer 100-W-Lautsprecheranlage

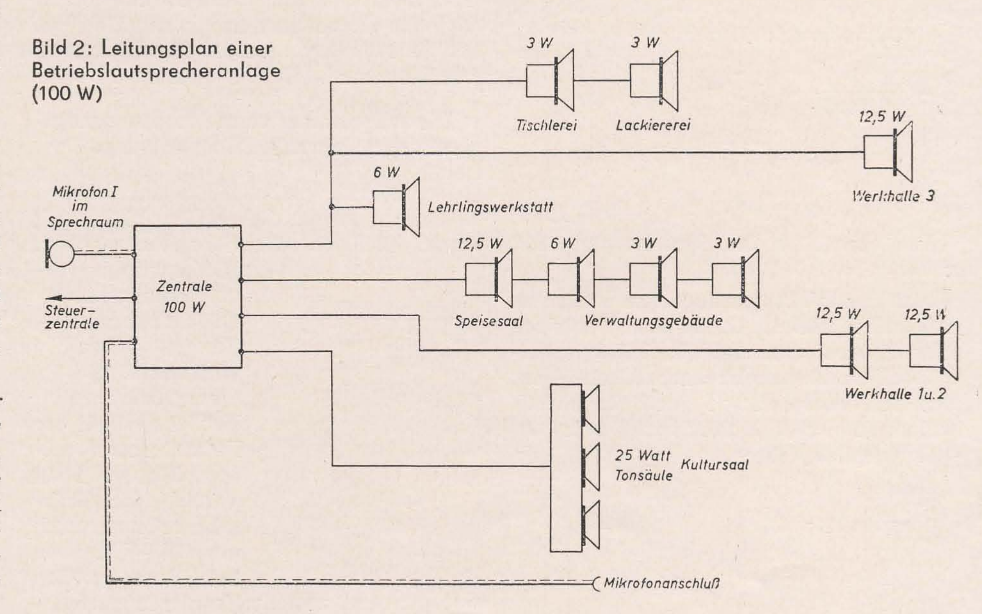
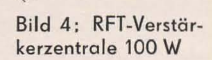


Bild 2: Leitungsplan einer Betriebslautsprecheranlage (100 W)

Die Planung einer Lautsprecheranlage erfolgt an Hand der Aufgabenstellung nach einer örtlichen Besichtigung. Zweckmäßig wird dann nach Festlegung der Lautsprecheranzahl und ihrer Belastbarkeit die dazu notwendige Verstärkerleistung ermittelt. Ein entsprechender Leitungsplan legt diese Ermittlungen fest (Bild 2). Für die gesamte Anlage wird nun ein Übersichtsplan nach Bild 3 gezeichnet. Hieraus sind alle notwendigen Tonquellen, wie Mikrofone, Plattenspieler, Magnettongeräte, Rundfunkgeräte oder niederfrequente Drahtfunkanschlüsse, Verstärker

sowie Regelglieder ersichtlich, die zu der Anlage gehören. In diesem Übersichtsplan werden die Verbindungen einpolig und genau wie die Geräte nur symbolisch dargestellt. Dabei muß man sich nicht unbedingt auf alle Einzelheiten, wie Stecker, Klinken, Schalter, Relaiskontakte usw, festlegen. Es genügt durchaus, solche Punkte als kleine Kreise einzutragen. Die Netz- und Steuerleitungen bleiben ebenfalls weg.

Nach Aufstellen des Übersichtsplanes wird der Stromlaufplan oder Übersichtsschaltplan gezeichnet, der nun alle Einzelheiten enthält. Hier sind auch die Netz- und Steuerleitungen mit einzutragen. Bis auf die Steuerleitungen werden alle anderen Verbindungen einpolig dargestellt. Bild 5 zeigt den Stromlaufplan für die nach dem Übersichtsplan Bild 3 benötigte Anlage. Die verwendeten Schaltzeichen sind im DIN-Blatt 40 700 festgelegt.



← Bild 4: RFT-Verstärkerzentrale 100 W

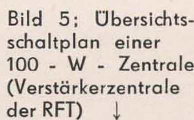


Bild 5: Übersichtsschaltplan einer 100 - W - Zentrale (Verstärkerzentrale der RFT) ↓

Bei größeren Anlagen werden oftmals im Anschluß an eine Steuerzentrale mehrere Unterzentralen aufgestellt. Eine solche Dezentralisierung ermöglicht bei weiträumigen Anlagen die Einsparung vieler Lautsprecherleitungen, sie vermeidet Leistungsverluste infolge langer Leitungen und gestattet die Eigenprogrammgestaltung aller angeschlossenen Unterzentralen. Als Verbindungsleitungen zwischen den Haupt- und Unterzentralen kann man wegen des niedrigen Spannungspegels (etwa 1,5 V) die vorhandenen Fernsprechkabel mit benutzen, um die Anlagekosten herabzusetzen. Alle weiteren dabei auftretenden Probleme, wie Entstörung von Verbindungsleitungen, Fernsteuerung sowie Überwachung der angeschlossenen Unterzentralen müssen einer späteren Ausführung vorbehalten bleiben. Grundsätzlich sei gesagt, daß sich die auftretenden Komplikationen mit den gegebenen Mitteln ohne besonders große Schwierigkeiten technisch lösen lassen.

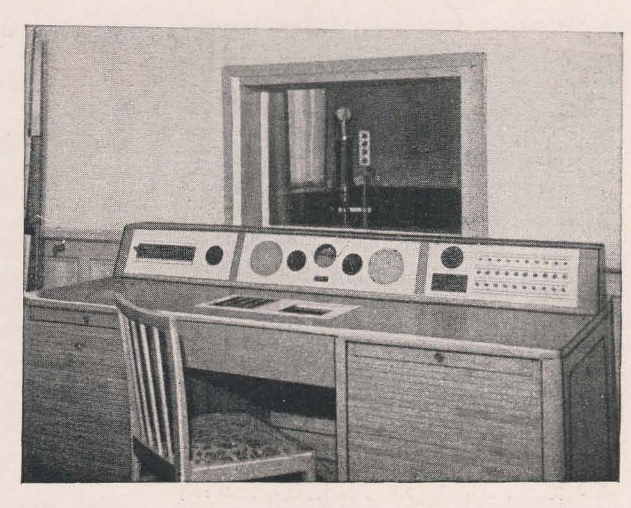


Bild 6: Regiepult einer größeren elektroakustischen Anlage →

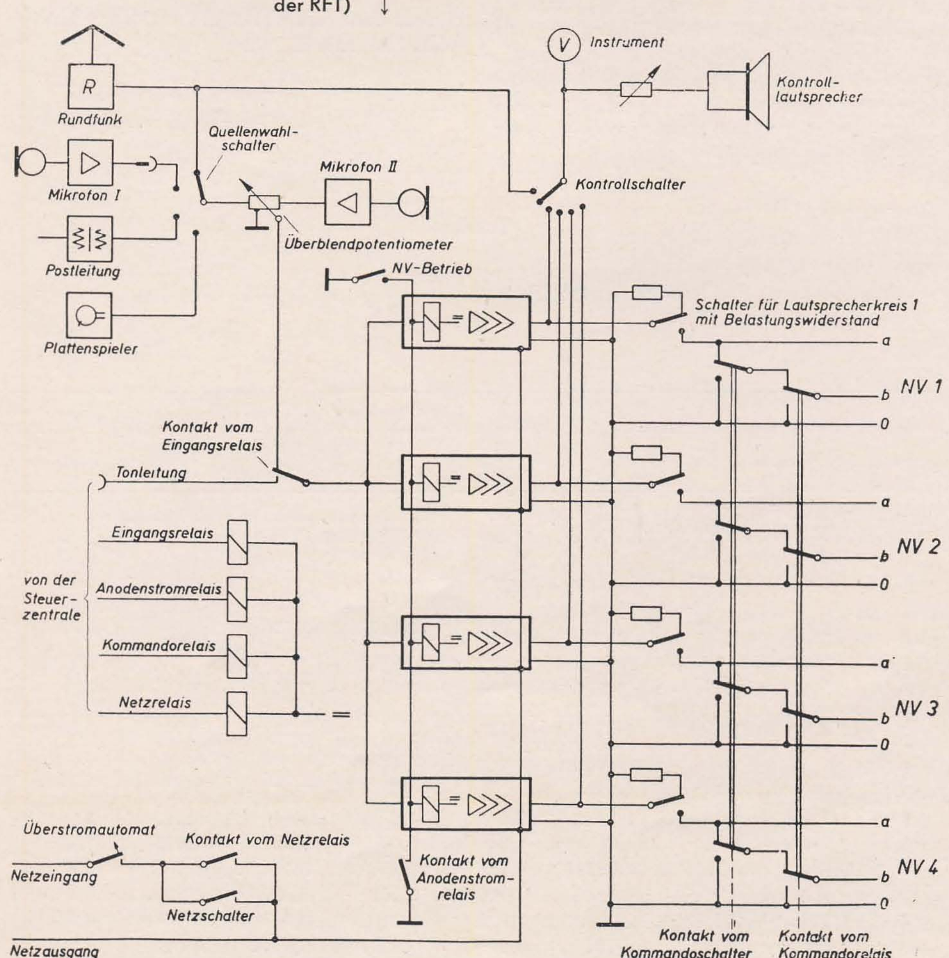
Die Zentrale einer elektroakustischen Anlage wird zweckmäßig in einem besonders dafür vorgesehenen Raume untergebracht. Mittlere und größere Anlagen erfordern zwei Räume; die Technik trennt man dabei von der Aufnahme. Während im Raum für die Technik — auch Regieraum genannt — alle technischen Geräte, wie Plattenspieler, Verstärker, Regel-, Schalt- und Steuereinrichtungen eingebaut sind, enthält der daneben schalldicht abgetrennte Aufnahme- oder Sprecherraum nur die erforderlichen Mikrofone. Eine Signalanlage und ein Mithörlautsprecher ergänzen die Ausrüstung des Raumes. Durch ein schalldichtes Beobachtungsfenster sind beide Räume optisch miteinander verbunden. Der Vorteil einer solchen räumlichen Trennung liegt besonders in der sicheren Überwachung der Tonqualität während der Sendung.

Aufbaumäßig können kleine Anlagen, wie Bild 4 zeigt, in einem Gestell untergebracht werden. Die hier abgebildete Zentrale mit einer Verstärkerleistung von 100 W wird von der RFT serienmäßig gefertigt und enthält:

1 Netz- und Kontrollfeld,
1 Schaltfeld,
1 Rundfunkempfänger,
1 Plattenspieler,
1 Steuerteil mit zwei Mikrofonanschlüssen, einer davon mit Vorverstärker,
4 Normverstärker zu je 25 W.

Wie im Stromlaufplan Bild 5 dargestellt, kann auch eine Postleitung (niederfrequenter Drahtfunk) angeschlossen werden. Ohne Änderung findet dieses Gestell als ferngesteuerte Unterzentrale Verwendung. Über besondere Steuerleitungen (einadrig) läßt sich das Programm der Unterzentrale mit dem Eingangsrelais auf die Sendung der Steuerzentrale umschalten. Auch der Netzschalter und die vier Anodenstromrelais können genau wie der Kommandoschalter fernbedient werden.

Fabrikationstechnisch stellt die vorstehend beschriebene Anlage eine gute Lösung dar. Bedienungsmäßig betrachtet ist sie aber nicht gerade günstig. Der Bedienende muß vor dem Gestell meist stehen und wird auch infolge der unglücklichen Lage aller Bedienungsteile vorzeitig ermüden. Größere Anlagen werden aus diesem und noch anderen Gründen in Pultform gebaut. Die Regelglieder sowie



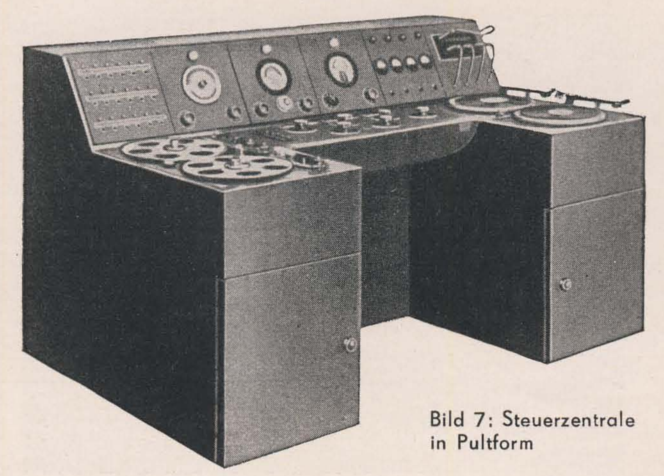


Bild 7: Steuerzentrale in Pultform

Bedienungsteile sind gut greifbar, alle Überwachungseinrichtungen und die Durchsicht zum Aufnahmeraum im Blickfeld des Technikers anzuordnen. Die Arme des Bedienenden erhalten durch die Platte des Regiepultes eine feste Auflage. Ein vorzeitiges Ermüden kann bei sachgemäßer Anordnung nicht eintreten.

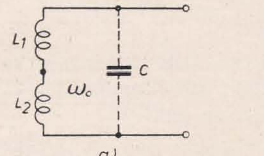
Das Regiepult enthält die erforderlichen Verstärker und Tonquellen, wie Plattenspieler, Magnettongerät und Rundfunkempfänger. Bei großen Anlagen mit vielen Leistungsverstärkern baut man diese in ein besonderes Gestell. Die Aufstellung ist so vorzunehmen, daß zwischen Pult und Gestell nur wenige Verbindungsleitungen erforderlich sind. Bild 7 zeigt eine Steuerzentrale in Pultform mit zwei Programmwegen. Eine Zentrale mit 450 W Ausgangsleistung für die Hausbeschallung und 20 angeschlossenen, zum Teil selbständigen Unterzentralen zeigen die Bilder 1 und 6. Im Regiepult sind neben den Regel- und Überwachungseinrichtungen noch die Vorverstärker, der Aussteuerungsmesser und die Fernschaltorgane untergebracht. Das Verstärkergestell enthält alle Leistungs- und Trennverstärker, den Rundfunkempfänger sowie die erforderlichen Ein- und Ausgangsschaltfelder. Die Magnettongeräte und der Doppelplattenspieler sind als fahrbare Einheiten mit eigenen Abhöreinrichtungen ebenfalls in dem Gestell enthalten. Sie werden dem Regiepult je nach Bedarf zugeordnet. Das Beobachtungsfenster zum Aufnahmeraum ist aus Bild 6 klar ersichtlich. Die Glasscheiben dürfen keinesfalls parallel zueinander stehen. Zur Vermeidung unerwünschter Spiegelungen sind sie schräg einzusetzen. Der richtige Winkel ist durch Erproben festzulegen.

Abschließend sei noch gesagt, daß bei jeder Planung von elektroakustischen Anlagen Platzreserven für weitere Einheiten vorzusehen sind. Auch in den Leitungsbündeln sind Reserveverbindungen mit zu verlegen. Die bisherigen Erfahrungen zeigten immer wieder die Notwendigkeit, bestehende Anlagen zu erweitern, und die Kosten der Erweiterung werden durch solche vorsorglichen Maßnahmen wesentlich verringert.

Dipl.-Ing. GUSTAV SEIDL

Berechnung der Ersatzkapazität bei hintereinander geschalteten Induktivitäten

In Rundfunkgeräten mit mehreren Wellenbereichen ist es üblich, die Spulen für die einzelnen Bereiche hintereinander zu schalten und wahlweise durch Schalter zu überbrücken. Ein schwieriges Problem bildet bei dieser Schaltungsart die Unterbringung der für den Gleichlauf erforderlichen Parallelkapazitäten, die jeweils nur in dem entsprechenden Bereich wirksam sein sollen.



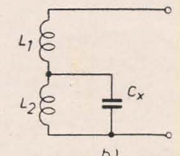


Bild 1: Darstellung der Parallelkapazitäten

Wie im Bild 1 dargestellt ist, besteht die Aufgabe darin, die Größe des Kondensators C_x zu ermitteln, der parallel zur Induktivität L_2 geschaltet werden muß, aber die gleiche Wirkung hervorrufen soll wie ein parallel zu beiden Spulen geschalteter Kondensator C. Die Kopplung der beiden Spulen L_1 und L_2 sei so klein, daß sie vernachlässigt werden kann. Entsprechend dieser Bedingung müssen also die Scheinwiderstände der beiden Zweipole 1a und 1b einander gleich sein.

$$\mathfrak{Z}_a = \frac{j\omega (L_1 + L_2)}{1 - \omega^2 (L_1 + L_2) C}, \qquad (1)$$

$$\mathfrak{Z}_b = j\omega L_1 + \frac{j\omega L_2}{1 - \omega^2 L_2 C_x}. \qquad (2)$$

Durch Gleichsetzen von $\mathfrak{Z}_a$ und $\mathfrak{Z}_b$ ergibt sich:

$$\frac{L_1 + L_2}{1 - \omega^2 (L_1 + L_2) C} = L_1 + \frac{L_2}{1 - \omega^2 L_2 C_x}. \qquad (3)$$

Isolieren wir nun das C_x enthaltende Glied und bringen die andere Seite der Gleichung auf einen gemeinsamen Nenner, so erhalten wir:

$$\frac{L_2}{1 - \omega^2 L_2 C_x} = \frac{L_2 + \omega^2 L_1 (L_1 + L_2) C}{1 - \omega^2 (L_1 + L_2) C}. \qquad (4)$$

Aus dem Reziprokwert und nach Multiplikation mit L_2 wird

$$1 - \omega^2 L_2 C_x = \frac{L_2 - \omega^2 L_2 (L_1 + L_2) C}{L_2 + \omega^2 L_1 (L_1 + L_2) C} \qquad (5)$$

bzw.

Tafel I

Umrechnungsfaktor $\dfrac{1 + 2n + n^2}{1 + n \left(\dfrac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$ für $n \leqq 1$

$\frac{\omega}{\omega_0}$	n							
	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2,5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1}{1,25}$	1
$\frac{1}{100}$	1,44	1,563	1,778	1,96	2,25	2,78	3,24	4
$\frac{1}{10}$	1,438	1,558	1,77	1,95	2,24	2,74	3,2	3,96
$\frac{1}{5}$	1,429	1,548	1,755	1,93	2,205	2,71	3,14	3,85
$\frac{1}{3}$	1,41	1,52	1,715	1,875	2,13	2,59	2,975	3,6
$\frac{1}{2}$	1,37	1,47	1,64	1,78	2	2,38	2,7	3,2
$\frac{1}{1,5}$	1,32	1,408	1,548	1,66	1,84	2,145	2,39	2,77
1	1,2	1,25	1,33	1,4	1,5	1,66	1,8	2
1,5	0,993	1	1,01	1,03	1,06	1,11	1,158	1,23
2	0,8	0,781	0,762	0,753	0,75	0,76	0,77	0,8
3	0,514	0,481	0,444	0,426	0,409	0,397	0,395	0,4
5	0,24	0,215	0,190	0,178	0,166	0,157	0,1542	0,154
10	0,0686	0,06	0,052	0,0478	0,0441	0,0411	0,04	0,0396

Tafel II

Umrechnungsfaktor $\dfrac{1 + 2n + n^2}{1 + n\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$ für $n \geqq 1$

$\frac{\omega}{\omega_0}$	n = 1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
$\frac{1}{100}$	4	5,06	6,25	9	12,25	16	25	36
$\frac{1}{10}$	3,96	5	6,16	8,82	11,95	15,55	24	34,5
$\frac{1}{5}$	3,85	4,82	5,9	8,33	11,13	14,28	21,55	30
$\frac{1}{3}$	3,6	4,44	5,36	7,37	9,59	12	17,3	23,15
$\frac{1}{2}$	3,2	3,85	4,54	6	7,54	9,14	12,5	16
$\frac{1}{1,5}$	2,77	3,25	3,75	4,76	5,8	6,86	9	11,2
1	2	2,25	2,5	3	3,5	4	5	6
1,5	1,23	1,33	1,43	1,64	1,85	2,06	2,5	2,94
2	0,8	0,84	0,89	1	1,11	1,23	1,47	1,71
3	0,4	0,413	0,431	0,473	0,521	0,571	0,676	0,783
5	0,154	0,157	0,162	0,176	0,193	0,211	0,247	0,286
10	0,0396	0,0402	0,0414	0,0448	0,0488	0,0531	0,0623	0,0718

$$\omega^2 L_2 C_X = 1 - \frac{L_2 - \omega^2 L_2 (L_1 + L_2) C}{L_2 + \omega^2 L_1 (L_1 + L_2) C} \qquad (6)$$

und

$$L_2 C_X = \frac{(L_1 + L_2)^2 C}{L_2 + \omega^2 L_1 (L_1 + L_2) C}. \qquad (7)$$

Für C_X erhalten wir endlich:

$$C_X = \frac{(L_1 + L_2)^2 C}{L_2^2 + \omega^2 L_1 L_2 (L_1 + L_2) C}. \qquad (8)$$

Zum besseren Verständnis der Abhängigkeiten dieses Ausdrucks ist es zweckmäßig, ihn umzuformen. Wir setzen

$$\frac{1}{(L_1 + L_2) C} = \omega_0^2$$

und erhalten aus Gleichung (8)

$$C_X = \frac{(L_1^2 + 2 L_1 L_2 + L_2^2) C}{L_2^2 + L_1 L_2 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}. \qquad (8a)$$

Werden jetzt Zähler und Nenner der Gleichung (8a) durch L_2^2 dividiert und für $\frac{L_1}{L_2} = n$ gesetzt, erhalten wir schließlich als Endformel folgenden Ausdruck:

$$C_X = \frac{1 + 2n + n^2}{1 + n\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} C. \qquad (8b)$$

Aus Gleichung (8b) geht hervor, daß der Zusammenhang zwischen C_X und C vom Verhältnis der Induktivitäten (n), aber auch vom Verhältnis der aufgedrückten Frequenz ω zur Eigenfrequenz ω_0 des aus $L_1 + L_2$ und C gebildeten Kreises abhängig ist.

In den Tafeln I und II sind die Umrechnungsfaktoren für verschiedene Induktivitäts- und Frequenzverhältnisse zusammengestellt.

Um den Verlauf der Umrechnungsgrößen besser zu veranschaulichen, zeigt Bild 2 den Verlauf der Gleichung (8b) als Funktion von $n = \frac{L_1}{L_2}$ für verschiedene Parameter von $\frac{\omega}{\omega_0}$.

Die Werte für $\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{1}{10}$ und $\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{1}{100}$ weichen nur geringfügig voneinander ab, und man kann ohne großen Fehler eine der beiden Kurven für alle Werte $\frac{\omega}{\omega_0} \leqq \frac{1}{10}$ verwenden. Werden die Verhältnisse $\frac{\omega}{\omega_0}$ und n recht klein, so können in (8b) die quadratischen Glieder des Zählers und des Nenners in erster Näherung vernachlässigt werden. Wir erhalten dadurch den Ausdruck

$$C_X = (1 + 2n)\, C \qquad (8c)$$

als Näherungsformel. Wie aus den gezeichneten Kurven ersichtlich ist, gilt diese vereinfachte Formel innerhalb einer Fehlergrenze von $\pm$ 9% für den Bereich $\frac{\omega}{\omega_0} \leqq \frac{1}{1,5}$ und $n \leqq \frac{1}{2,5}$.

Durch das hier aufgestellte Diagramm und die Näherungsformel (8c) wird die Ermittlung des Ersatzkondensators C_X für die meisten praktisch vorkommenden Fälle wesentlich erleichtert.

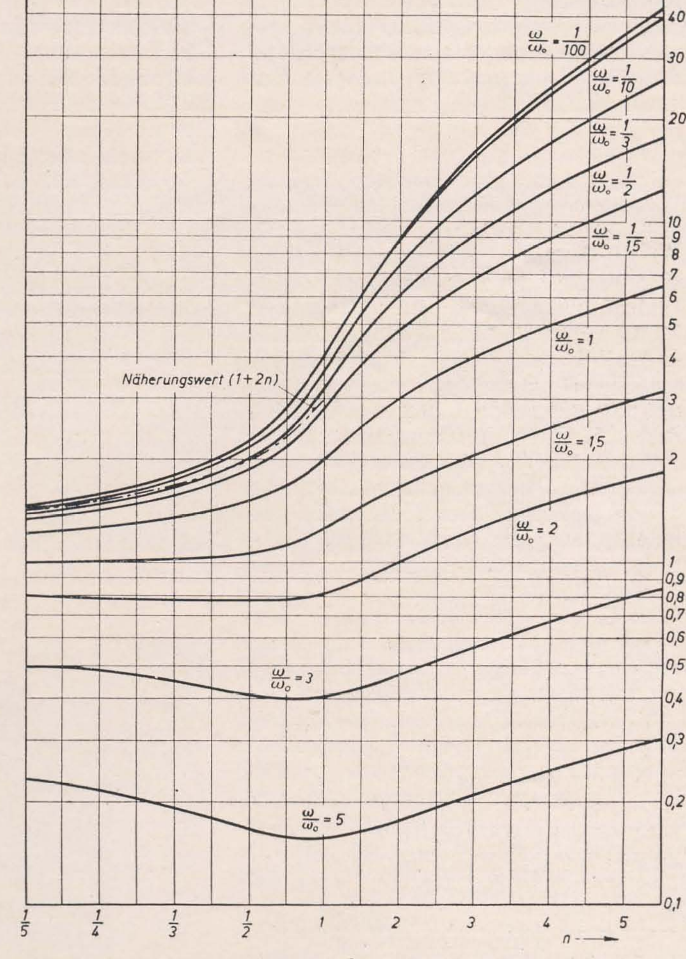


Bild 2: Darstellung von $\dfrac{1 + 2n + n^2}{1 + n\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$

Die Lehre von Marx ist allmächtig, weil sie richtig ist. Sie ist in sich abgeschlossen und harmonisch, sie gibt den Menschen eine einheitliche Weltanschauung, die sich mit keinerlei Aberglauben, keinerlei Reaktion, keinerlei Verteidigung bürgerlicher Knechtung vereinbaren läßt.

(W. I. Lenin: „Marx-Engels-Marxismus“, S. 48/49)

HANS-ERICH LATTORFF

Bauanleitung eines

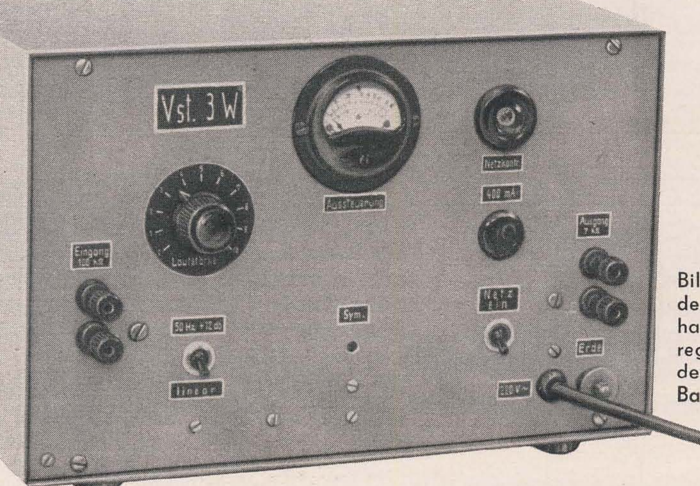


Bild 1: Außenansicht des Verstärkers. Unterhalb des Lautstärkereglers befindet sich der Schalter für die Baßanhebung

Einfacher, unkritischer Aufbau, absolut geradliniger Frequenzgang, geringste Verzerrungen und Störspannungen sind die Vorzüge des in der folgenden Bauanleitung beschriebenen Verstärkers. Er lehnt sich schaltungsmäßig mit einigen Vereinfachungen an die in der Rundfunkstudiotechnik üblichen Verstärker an und ist universell als Endverstärker für Mikrofone, Tonabnehmer, Magnettongeräte und ähnliche Tonfrequenzspannungsquellen verwendbar.

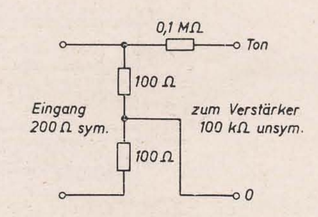
Schaltung

Entsprechend den meisten Tonfrequenzspannungsquellen hat der Verstärker (Bild 5) einen hochohmigen (100 kΩ) und gegen Erde unsymmetrischen Eingang. Sind in Ausnahmefällen niederohmige erdsymmetrische Leitungen (200 Ω) anzuschließen, so kann dem Eingang als Ersatz für einen brummempfindlichen Eingangsübertrager ein Vierpol nach der Schaltung Bild 2 vorgeschaltet werden, der eine Zwangssymmetrierung ergibt. Dieser Vierpol hat eine Dämpfung von etwa 1 : 4 (entsprechend —12db), die in den meisten Fällen nicht stört. Als Gleichspannungsschutz ist dem Eingangsregler außerdem ein genügend großer Kondensator vorgeschaltet.

Die Eingangsröhre EF 12 hat keinen Katodenkondensator und wird infolgedessen frequenzunabhängig stromgegengekoppelt mit einem Gegenkopplungsgrad von 1 : 3,7 (11,5 db). Der Schirmgitterkondensator liegt an Katode, um eine zusätzliche Schirmgittergegenkopplung zu verhindern. Ein weiterer Gegenkopplungskanal besteht über zwei Stufen von der Anode der Endröhre zur Katode der zweiten EF 12 mit einem gemessenen Gegenkopplungsgrad von 1 : 8,6 (18,5 db) bei Abschluß des Verstärkers mit 7 kΩ. Solange der Schalter S geschlossen bleibt, ist diese Gegenkopplung ebenfalls frequenzunabhängig, weil der Scheinwiderstand des wirksamen Gegenkopplungskondensators von 0,5 μF auch bei den tiefsten Frequenzen klein ist gegenüber den übrigen Widerständen im Gegenkopplungszweig. Die ziemlich starke Gegenkopplung über zwei Stufen hat neben Verzerrungsverminderungen und Frequenzlinearisierung eine sehr vorteilhafte Herabsetzung des hohen Innenwiderstandes der Endpentode auf den überraschend niedrigen Wert von 700 Ω zur Folge. Dadurch nimmt die Pentode den Charakter einer Triode an.

Der Ausgang des Verstärkers ist hochohmig und gleichstromfrei in LC-Schaltung ausgeführt; hierdurch besteht die Möglichkeit, beliebige Lautsprecher anzuschließen, ohne die Übertragerkerne mit Gleichstrom vorzumagnetisieren und die Übertragereigenschaften unnötig zu verschlechtern. Die optimale Anpassung für die EL 11 ist 7000 Ω, doch können wegen des niedrigen Quellwiderstandes (Generator konstanter Spannung!) ohne merkliche Qualitätseinbuße auch Lautsprecher mit sehr abweichenden Anpassungswiderständen (2500 bis 10000 Ω) verwendet werden. Ferner dämpft der niedrige Innenwiderstand des Verstärkers vorteilhaft die Membraneigenresonanz des angeschalteten Lautsprechers.

Bild 2: Vierpol zum Übergang von symmetrischen niederohmigen Quellen auf hochohmige unsymmetrische Verstärkereingänge

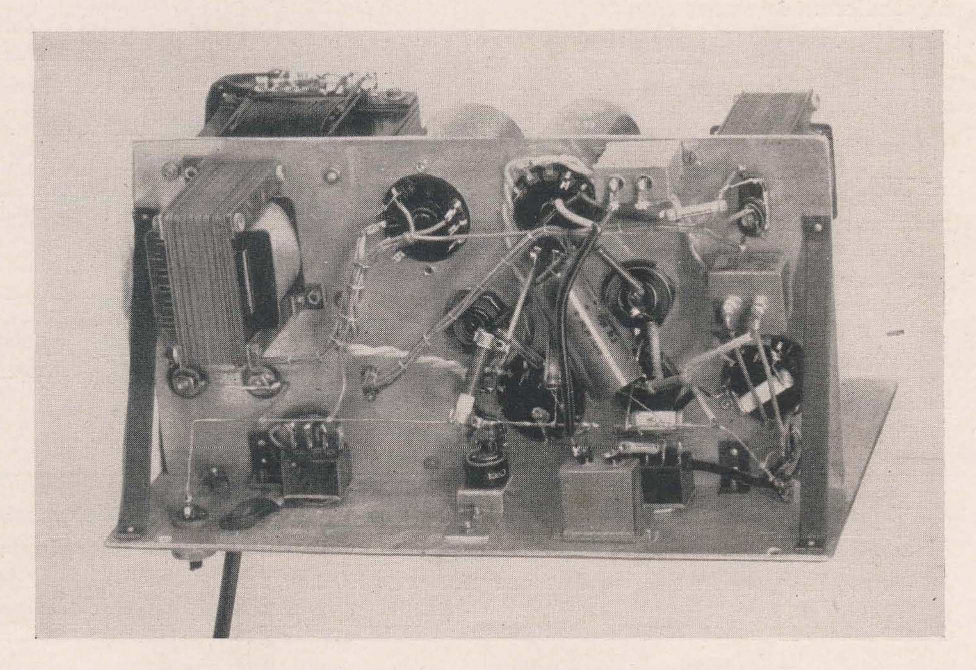


Durch Öffnen des Schalters S im Gegenkopplungskanal wird eine Baßanhebung wirksam, die entsprechend der aus 2,5 nF und 0,3 MΩ gebildeten Zeitkonstante die Frequenzkurve etwa ab 250 Hz anhebt, um den Tiefenabfall zu kompensieren, der meist durch zu klein bemessene Schallwände hervorgerufen wird. Der dem Kondensator parallelgeschaltete Widerstand von 3 MΩ begrenzt die Anhebung nach den Tiefen zu und läßt eine Restgegenkopplung bestehen.

Berücksichtigt man, daß der Ausgangsdrossel im praktischen Betrieb die Primärinduktivität des Ausgangsübertragers parallelgeschaltet ist und bei eingeschalteter Tiefenanhebung der Innenwiderstand der EL 11 bei den tiefen Frequenzen entsprechend der Abnahme der Gegenkopplung zunimmt, so benötigt die Ausgangsdrossel eine Induktivität von etwa 15 bis 20 H. Ein Luftspalt ist selbstverständlich. Der Gleichstromwiderstand sollte möglichst gering sein und 300 Ω nicht überschreiten (Kernquerschnitt mindestens 5 cm^2).

Parallel zur Ausgangsdrossel liegt im Mustergerät ein Wechselspannungsmesser mit Graetzgleichrichter und Drehspulmeßwerk mit besonders geformten Polschuhen für eine logarithmische Anzeige. Der Spannungsmesser ist im Übertragungsbereich des Verstärkers auch ohne Kompensationsmaßnahmen hinreichend frequenzunabhängig; er leistet zum Beispiel bei der Aufnahme von Frequenzgängen vorgeschalteter Geräte sehr gute Dienste und

Bild 3: Verdrahtung des Verstärkers ↓



einfachen 3-Watt-Verstärkers

ist deshalb mit einer in Prozent der Ausgangsspannung bei Vollaussteuerung und einer in db geeichten Skala versehen. Die logarithmische Anzeige ist zweckmäßig, weil auch kleine Ausschläge noch gut abzulesen sind; es können aber auch normale Drehspulmeßwerke verwendet werden. Zur Aus- und Übersteuerungskontrolle ist der Spannungsmesser in der vorliegenden Form weder gedacht noch geeignet; hierzu benötigt man Spitzenwertanzeige, sehr kleine Ansprech- und verhältnismäßig große Abklingzeiten. In vielen Fällen wird man auf den Einbau des Ausgangsspannungsmessers verzichten können.

Zur Verhinderung störender Fremdspannungen ist eine vorzügliche Anodenstromsiebung erforderlich. Deshalb sollten für Lade- und Siebkondensator keinesfalls kleinere Werte als die im Schaltbild angegebenen gewählt werden. Als Siebdrossel wird zweckmäßig die gleiche Ausführung wie für die Ausgangsdrossel verwendet. Der Netztransformator liefert sekundärseitig 2 × 250 V Wechselspannung. Für die Siebglieder der Vorröhren ergeben sich ebenfalls große Zeitkonstanten, die Fremdspannungen wirksam unterdrücken und bei der sehr tief liegenden unteren Grenzfrequenz des Verstärkers eine Selbsterregung auf einer ultraniedrigen Frequenz verhindern.

Aufbau

Für den Aufbau des Gerätes ist eine 300 × 155 mm große Grundplatte und eine senkrecht daran befestigte Frontplatte in

Bild 4: Rückansicht. Auf dem Chassis sind hinter dem Netztransformator Lade- und Siebkondensator angeordnet, unter dem Meßwerk befindet sich der 4 μF-Ausgangskondensator. Rechts die Ausgangsdrossel

der Größe von 310 × 195 mm erforderlich. Beide Platten bestehen aus 2 mm starkem Aluminiumblech. Die Grundplatte wird so an die Frontplatte angesetzt, daß sich unterhalb der Grundplatte jeweils die erdseitige Ein- und Ausgangsbuchse, die beiden Kippschalter, die Erdklemme, die Netzkabeldurchführung und der Entbrummer befinden.

Im übrigen zeigen die Abbildungen und Zeichnungen deutlich den einfachen Aufbau des Gerätes. Die Ausgangsdrossel befindet sich möglichst weit entfernt vom Netztransformator und ist in das Störfeldminimum zu drehen. Besondere magnetische Abschirmungen sind nicht notwendig. Die erste Stufe liegt in unmittelbarer Nähe des Eingangsreglers und dieser wiederum dicht neben den Eingangsklemmen, damit längere Abschirmleitungen, die durch ihre Kapazität den Frequenzgang in den Höhen verschlechtern, vermieden werden. Zu beachten ist ferner, daß der Röhrenkolben der Eingangsstufe Tonfrequenz führt; kapazitive Beeinflussungen, die zu Rückkopplungen oder Brummeinstreuungen führen könnten, werden ebenfalls durch die räumliche Anordnung der Eingangsröhre vermieden.

Die Netzdrossel befindet sich unter dem Chassis unterhalb des Netztransformators. Sämtliche Elektrolytkondensatoren sind isoliert aufzubauen; dasselbe gilt für die erdseitigen Ein- und Ausgangsbuchsen und für den Entbrummer, sofern der Schleifer nicht isoliert ist. Das Chassis ist durch Verwendung eines starken Nullleiters, der nur an der Erdklemme mit dem Chassis zu verbinden ist, von jeglichen Strömen zu entlasten. Auf eine Symmetrierung der Heizfäden durch den Entbrummer darf keinesfalls verzichtet werden; es gelingt durch diese Maßnahme, das Fremdspannungsverhältnis um mindestens eine Größenordnung zu verbessern. Oft ergibt sich durch Auswechseln

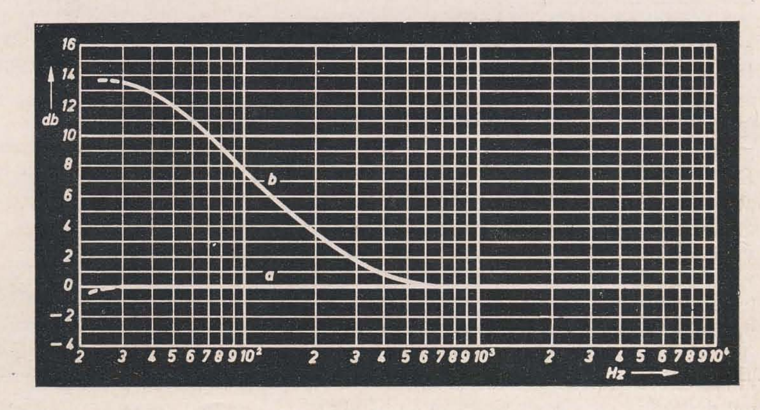
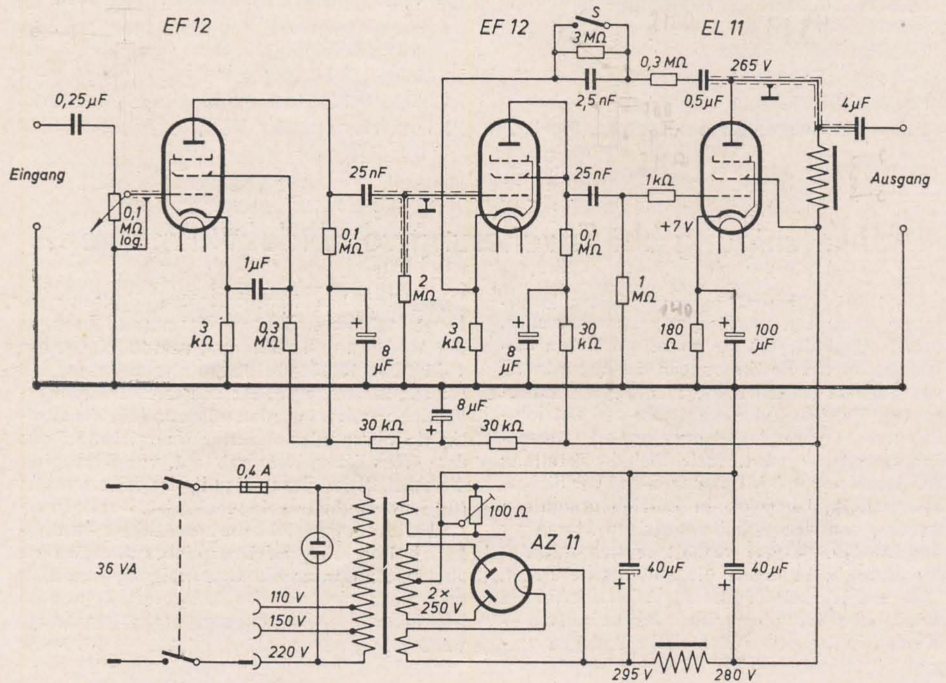


Bild 6: Frequenzkurve des Verstärkers a) ohne, b) mit Tiefenanhebung

Bild 5: Schaltbild des Verstärkers.



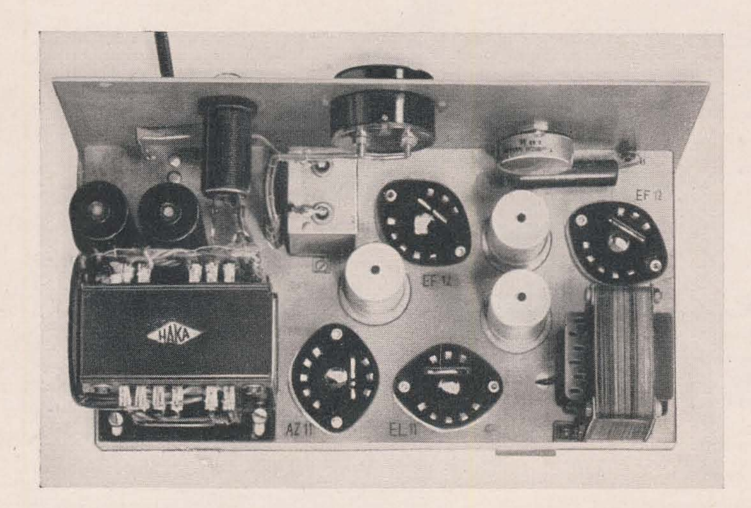


Bild 7: Chassisansicht von oben. Links – unterhalb der Glimmlampenfassung – die obere Ausgangsbuchse, rechts die entsprechende Eingangsbuchse, links daneben – unterhalb des Potentiometers – der Eingangskondensator. Sämtliche Elektrolytkondensatoren sind isoliert montiert ←

der ersten EF 12 eine weitere Fremdspannungsseknung. Federnde Montage der ersten Röhre ist nicht erforderlich.

Aus Gründen der Kontaktsicherheit wird auch der Schalter für die Tiefenanhebung doppelpolig ausgeführt, wobei 2×2 Kontakte parallelgeschaltet sind. Der Katodenwiderstand für die Endstufe von 180 Ω kann durch Abwickeln eines höherohmigen Drahtwiderstandes hergestellt werden. Hinsichtlich der Verdrahtung ist zu beachten, daß Netz- und Heizleitungen eng zu verdrillen sind. Das Verlegen aller längeren Leitungen in Kabelbäumen erhöht die Stabilität der Verdrahtung.

Eine Kombination des Eingangsreglers mit dem Netzschalter ist aus Gründen der Brummfreiheit abzulehnen. Der Regler erhält zweckmäßig eine beliebige Teilung, wodurch die Möglichkeit besteht, einmal gefundene Einstellungen zu wiederholen. Die Skala des Spannungsmessers wird zweckmäßig in mehrfacher Vergrößerung gezeichnet und anschließend fotografisch verkleinert.

Der fertige Verstärker wird schließlich in ein 160 mm tiefes, mit Gummifüßen versehenes Blechgehäuse eingebaut. Da der Rauminhalt des Gehäuses für eine ausreichende Wärmeabstrahlung genügend groß ist, erübrigt sich das Anbringen zusätzlicher Belüftungslöcher. Frontplatte und Gehäuse werden taubengrau spritzlackiert.

Meßergebnisse

Der Frequenzgang des beschriebenen Verstärkers ist geradlinig von 30 bis 16000 Hz ohne meßbare Abweichungen; bei eingeschalteter Tiefenanhebung steigt die Frequenzkurve von + 3 db bei 250 Hz auf + 13 db bei 30 Hz (Bild 6). Die für Vollaussteuerung (145 V an 7 kΩ = 3 W) notwendige Eingangsspannung beträgt 65 mV, die Verstärkung ist demnach 2250fach oder 67 db. An dem mit 7 kΩ abgeschlossenen Ausgang wurde bei zugedrehtem Eingangsregler eine Fremdspannung von 15 mV, bei vollkommen aufgedrehtem Regler und offenen Eingangsklemmen eine Fremdspannung von 40 mV gemessen; das entspricht einem Fremdspannungsverhältnis von 1 : 10000 bzw. 1 : 3600. Das nicht gemessene Geräuschspannungsverhältnis hat naturgemäß noch günstigere Werte. Tatsächlich

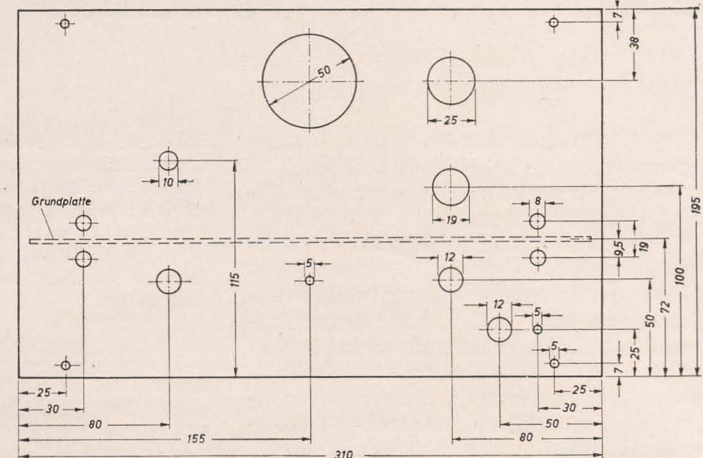


Bild 8: Maßzeichnung der Verstärkerfrontplatte

ist selbst bei sehr aufmerksamem Hinhören kein Störgeräusch feststellbar. Der Klirrfaktor beträgt bei Vollaussteuerung (3 W) und Abschluß mit 7 kΩ ≦ 0,5%. Bemerkenswert ist ferner die Unabhängigkeit der Verstärkung von Netzspannungsschwankungen infolge der in allen Stufen vorhandenen Gegenkopplungen: Bei ± 10% Netzspannungsänderung war die Verstärkungsschwankung ≦ ± 1 db.

Aufstellung der verwendeten Teile

3 Schichtwiderstände 0,25 W, 1 kΩ, 2 × 3 kΩ
10 Schichtwiderstände 0,5 W, 3 × 30 kΩ, 2 × 0,1 MΩ, 2 × 0,3 MΩ, 1 MΩ, 2 MΩ, 3 MΩ
1 Drahtwiderstand 2 W, 180 Ω
2 Elektrolytkondensatoren (RFT), 40 μF, 500/550 V
3 Elektrolytkondensatoren (RFT) 8 μF, 350/385 V
1 Elektrolytkondensator 100 μF, 20/25 V
1 Becherkondensator Kl. 1 (RFT) 4 μF, 250/750 V
1 Becherkondensator Kl. 1, MP 1 μF, 250 V
1 Becherkondensator Kl. 1, 0,5 μF, 250/750 V
1 Rollkondensator 0,25 μF, 250/750 V
2 Kondensatoren Kl. 1, 25 nF, 250/750 V
1 Kondensator Kl. 1, 2,5 nF, 250/750 V
1 Netztransformator (H. Kazda, Mittweida) E 105/35, primär: 110/150/220 V, sekundär: 2 × 250 V, 4 V, 6,3 V
2 Drosseln M 65/27, 0,5 mm Luftspalt, 5000 Wdg. 0,2 CuL
2 Röhren (RFT) EF 12
1 Röhre (RFT) EL 11
1 Röhre (RFT) AZ 11
4 Röhrenfassungen für Stahlröhren, 8-polig,
2 Kippschalter, doppelpolig
1 Potentiometer ohne Schalter, 0,1 MΩ, pos. log.
1 Glimmlampe mit Fassung (DGL Preßler, Leipzig) 220 V
1 Sicherungselement mit Sicherung 0,4 A
1 Potentiometer (Entbrummer) 100 Ω
1 Netzschnur mit Stecker
1 Bedienungsknopf
4 Schraubbuchsen
1 Erdklemme
1 Chassis, Grundplatte 300 × 155 mm, Aluminiumblech 2 mm, Frontplatte 310 × 195 mm, Aluminiumblech 2 mm
1 Gehäuse 160 mm tief, Aluminium- oder Eisenblech
4 Gummifüße

Kleinmaterial: Schrauben, Muttern, Blechwinkel, Isolierscheiben, Abschirmleitung.

Für Ausgangsspannungsmesser zusätzlich:

1 Drehspulmeßwerk, 0,1 bis 0,5 mA Vollausschlag, Gehäuse-∅ 50 mm
1 Meßgleichrichter 1 mA
1 Schichtwiderstand 0,5 W, je nach Meßwerk
1 Becherkondensator Kl. 1, 0,5 μF, 250/750 V

Genehmigung bei Erweiterung von Industrieanlagen

Bei Betriebsüberprüfungen von Seiten des betriebstechnischen Arbeitsschutzes wurde wiederholt festgestellt, daß die verantwortlichen Betriebsleiter die Bestimmungen der Verordnung zum Schutze der Arbeitskraft nicht genügend beachten. Danach sind alle Betriebe und Betriebsanlagen, die neu errichtet, erweitert oder wesentlich verändert werden, hinsichtlich der Erfüllung der Arbeitsschutzbestimmungen und der Sicherheitstechnik, bevor sie in Betrieb genommen werden, von den Arbeitsschutzinspektoren zu begutachten. Ebenso verhält es sich mit Arbeitsräumen, in denen die zu verarbeitenden Roh- und Werkstoffe oder das Arbeitsverfahren wesentliche Veränderungen erfahren sollen. — Werden in Betrieben elektrische Anlagen vergrößert, ist vorher eine Rücksprache mit den Energiebezirken bzw. mit den Kreisenergiebeauftragten beim Rat des Kreises zu führen. In der Ausführungsbestimmung vom 13. November 1951 (Gbl. 130/51) heißt es unter anderem, daß für Industrieanlagen, die neu errichtet oder erheblich erweitert werden sollen und für die künftig ein neuer oder erhöhter Energiebedarf aus dem öffentlichen Netz entsteht, vor Baubeginn die schriftliche Genehmigung des Ministeriums für Schwerindustrie einzuholen ist. Der dazu erforderliche Antrag ist beim zuständigen Energiebezirk über den Kreisenergiebeauftragten zu stellen. Erst wenn die Genehmigung zum Bau oder zur Errichtung der Anlage erteilt worden ist, kann der Strombezugsantrag genehmigt werden.

W. Nagel

VITEZLAV STRIZ

Entnommen aus der tschechischen Zeitschrift Slaboproudy Obzor, Bd. XIII, 1952, Nr. 3
Übersetzer: Friedrich Iser

Einheitliche Bezeichnung der europäischen Empfängerröhren

Seit dem Jahre 1934 wird von fast allen Elektronenröhrenherstellern eine einheitliche Bezeichnung der Röhren durchgeführt. Für diese Bezeichnung verwendet man ein bestimmtes System, das sich aus Buchstabengruppen und einer ein- bis dreiziffrigen Zahl zusammensetzt. Elektronenröhren von Tungsram sind außerdem durch ein T gekennzeichnet, das vor die eigentliche Typenangabe gesetzt wird.

Beispiele: TAF 7, UBL 21, CF 50.

Der erste Buchstabe der Typenbezeichnung gibt die Art der Heizung an. Die angeführte Größe ist der Nennwert und muß eingehalten werden.

Bezeichnung	Art der Heizung
A	4 V Wechselstromheizung
B	180 mA indirekte Gleichstromheizung
C	200 mA indirekte Gleich- und Wechselstromheizung
D	1,25 oder 1,4 V Batterieheizung
E	6,3 V Heizung (Netz, Akkumulator)
F	13 V Heizung (Fahrzeugbatterie)
G	5 V Wechselspannung (amerikanische Reihe)
H	4 V Batterieheizung
K	2 V Batterieheizung
P	Wechselstrom 0,3 A (amerikanische Röhren)
U	100 mA indirekte Gleich- und Wechselstromheizung
V	50 mA indirekte Gleich- und Wechselstromheizung

Die weiteren Buchstaben bezeichnen die Art der Röhre.

Bezeichnung	Röhrenart
A	Diode
B	Duodiode
C	Triode
D	Endtriode
E	Tetrode
F	Hochfrequenzpentode
H	Hexode
K	Oktode
L	Endpentode
M	Abstimmanzeigeröhre (Magisches Auge)
N	Thyratron
P	Sekundäremissionsröhre
Q	Enneode (Detektor für FM)
W	Gasgefüllter Einweggleichrichter
X	Gasgefüllter Zweiweggleichrichter
Y	Hochvakuum-Einweggleichrichter
Z	Hochvakuum-Zweiweggleichrichter

Hinter den Buchstaben folgende Zahlen dienen zur Angabe des Röhrensockels. Es bedeuten:

Zahlen	Sockel
1— 9	Elektronenröhren mit Außenkontaktsockel, 8 Kontakte, ausnahmsweise mit Stiften oder 5 Kontakten. Die Röhren der U-Serie haben die gleiche Ausführung wie die der Reihe 30.
11— 19	Stahlröhren mit einem Durchmesser von 43,5 mm, 5 + 3 profilierten Stiften und einem Führungsstift am Sockel. End-, Gleichrichter- und Abstimmanzeigeröhren haben einen Glaskolben mit Bakelitsockel.
21— 29	Glasröhren, Bezeichnung „Allglas" auf gepreßtem Teller mit zylindrischem Glaskörper, 8 Durchführungen 1,26 mm ∅ als Kontakte, Führungsstift in der Mitte. Die Reihe D 21—24 ist genauso ausgeführt wie die Reihe 30, sie hat eine Heizspannung von 1,4 V. Die Reihe D 25 gleicht in der Ausführung der Reihe E 21 mit einer Heizspannung von 1,25 V.
30— 40	Glasröhren mit Octalsockel. Dieser besitzt acht röhrenförmige lange Stifte und einen Bakelitführungsstift. Das Gitter ist oben herausgeführt.
40— 49	Röhren mit Rimlocksockel ähnlich der Reihe E 21, aber kleiner, auf einem Teller aus gesintertem Pulverglas. Pumpstutzen am oberen Ende des Glaskörpers. Acht Drahtdurchführungen und eine Sicherungsnase am Sockelumfang.
50— 59	Elektronenröhren von Philips verschiedener Ausführung.
60— 69	Elektronenröhren ähnlich der Reihe E 21, aber größer mit einem neunstiftigen Sockel.
70— 79	Zwergröhren ohne Sockel mit herausgeführten Drahtenden.
80— 89	Bisher nicht besetzt.
90— 99	Zwergröhren mit sieben Sockelkontakten im Kreis angeordnet, der in acht Teile geteilt ist.
100—110	Besondere Röhren der Firma Telefunken.

Die angeführten Typenbezeichnungen bedeuten also:

TAF 7 — Elektronenröhre mit einer Heizspannung von 4 V ~, Hochfrequenzpentode mit Außenkontaktsockel, Herstellerfirma Tungsram.

UBL 21 — Universalröhre für 100 mA Heizstrom, Doppeldiode + Endpentode in Ganzglasausführung.

CF 50 — Universalröhre für 200 mA Heizstrom, Spezialverstärkerpentode von Philips.

Bezeichnung der Elektronenröhren von Tesla

Die Bezeichnung der im VEB Tesla hergestellten Elektronenröhren hat die Vorzüge der bisherigen Bezeichnungsweise zur Grundlage.

Bezeichnung der Empfängerröhren

Die Bezeichnung setzt sich aus einer ein- bis dreiziffrigen Zahl, einer Buchstabengruppe und einer zwei- bis dreiziffrigen Zahl zusammen.

Beispiele: 13 BC 21, 50 L 40, 115 Y 31.

Erste Zahl

Die Zahl bedeutet die Heizspannung in Volt (abgerundet).

Buchstabengruppe

Die Buchstabengruppe bezeichnet die Röhrenart entsprechend der einheitlichen europäischen Bezeichnung.

Zweite Zahl

Die letzte Ziffer der zweiten Zahl ist die Seriennummer der Type, die Zahl vor ihr bestimmt die Konstruktion der Elektronenröhre und des Sockels. Dabei gelten die Zahlen 1 bis 19 für Sockel aus Glas, die Zahlen 20 bis 29 für gekittete Sockel aus Isolant (Isoliermasse) gepreßt, die Zahlen 30 bis 39 für verschiedene andere Sockelausführungen.

Zahl vor der letzten Ziffer	Zahl der Stifte	Durchmesser des Teilkreises
1	7	17,4
2	8	17,4
3	7	9,5
4	9	11,9
5	9	25
6	7	30
7	7	40
8	frei	
9	herausgeführte Lötdrähte	
10—19	vorläufig frei	
21	Sockel T (analog der europäischen Einheitsreihe 11)	
22	Sockel P (analog der europäischen Einheitsreihe 1—9)	
23	Sockel K (wie die Batterieröhren D 21 oder Reihe 30)	
24	frei	
25	Spezialstiftsockel	
31	Gewinde E 14	
32	Gewinde E 21	
33	Gewinde E 40	
34	Originalklemmen (eingeschmolzen, gekittet)	
35	luftgekühlte Außenanode	
36	wassergekühlte Außenanode	

Die angeführten Beispiele bedeuten:

13 BC 21 — Elektronenröhre für eine Heizspannung von 12,6 V, Doppeldiode + Triode, Sockel 2 (wie bei der europäischen Reihe E 21), erste Type.

50 L 40 — Elektronenröhre mit 50 V Heizung, Endpentode mit Sockel 4, Serie 0.

115 Y 31 — Elektronenröhre für 115 V Heizspannung, Einweggleichrichter, Sockel 3 (Miniaturröhrensockel), Serie 1.

Elektronenröhren und Entladungsröhren für Sendezwecke

Diese Bezeichnung bezieht sich auf solche Typen, die nicht unter Spezialtypen eingereiht werden konnten. Es sind dies große Sende-, Modulations- und Gleichrichterröhren sowie einige Dioden und Gastrioden.

Die Bezeichnung setzt sich aus drei Teilen wie folgt zusammen: RD 25/0,8, ZL 500/2,5, UA 0,25/4.

Erster Teil der Bezeichnung

Als erster Buchstabe bedeutet R eine Senderöhre, gegebenenfalls eine große Gleichrichterröhre, Z Spezialmodulationsröhre und U eine große Gleichrichterentladungsröhre.

Für den zweiten Buchstaben gilt die gleiche Bedeutung wie sie den Buchstaben

der Empfängerröhren zugewiesen ist, also D Modulations- und Leistungstrioden, L Endpentoden usw.

Zweiter Teil der Bezeichnung

Die Zahl vor dem Bruchstrich gibt die Verlustleistung an, bei Gleichrichterröhren den Anodenstrom (größter Wert des mittleren Stromes), während die Zahl hinter dem Bruchstrich die Anodenspannung in Kilovolt bedeutet. Der Strom wird in Ampere, die Leistung in Watt oder Kilowatt angegeben, was aus den Zusammensetzungen zu entnehmen ist.

Dritter Teil der Bezeichnung

Je nach Bedarf wird bei einigen Elektronenröhren noch die Bezeichnung A luftgekühlt, W wassergekühlt, K für Kurzwellenausführung u. a. hinzugefügt.

Wir können nun die angeführten Röhren bestimmen:

RD 25/0,8 Sendetriode 25 W, 800 V.

ZL 500/2,5 Modulationspentode, 500 W, 2,5 kV.

UA 0,25/4 Quecksilberdampfgleichrichter mit einer Anode, 0,25 A, 4 kV.

Bei Gleichrichterröhren mit mehreren Anoden wird hinter dem ersten Buchstaben die Zahl der Anoden angegeben, zum Beispiel U6A 1/10, ein sechsphasiger Quecksilberdampfgleichrichter, 1 A, 10 kV.

Spezialröhren

Die Bezeichnung für Spezialröhren setzt sich ebenfalls aus drei Teilen zusammen, zum Beispiel: 124 QR 5, 11 TW 31, 51 TR 7.

Der erste Teil der Bezeichnung

richtet sich nach dem ersten Buchstaben.

Ist der erste Buchstabe ein N, bedeutet die erste Ziffer die Ordnungszahl der Type.

Ist der erste Buchstabe ein P, kennzeichnet die Ziffer die spektrale Charakteristik.

Ist der erste Buchstabe ein Q, gibt die erste Zahl den Durchmesser des Leuchtschirmes in cm an.

Sind R, S und T die ersten Buchstaben, bezeichnet die erste Zahl die Leistung der Katode. Hierfür gilt folgende Tabelle:

Erste Ziffer	Leistung in W
1	0
2	bis 10
3	,, 20
4	,, 50
5	,, 100
6	,, 300
7	,, 1000
8	,, 3000
9	über 3000

Die Endziffer des ersten Teiles der Bezeichnung ist die Ordnungszahl der Type.

Den zweiten Teil der Bezeichnung

bildet ein Buchstabe, der die Röhrenart kennzeichnet.

Buchstabe	Gruppe
N	Halbleiter, Kristalle und ähnliche Teile
P	Fotozellen
Q	Bildröhren
R	Normale Senderöhren
S	Magnetfeldröhren
T	Thyratrons und Gasdioden
U	vorläufig unbesetzt

Der zweite Buchstabe in der Gruppe N bedeutet:

Buchstabe	Bedeutung
N	Detektor niederen Niveaus
P	Detektor hohen Niveaus
Q	Halbleiter
R	Thermistor
S	Quarzkristalle im Vakuum

Der zweite Buchstabe in der Gruppe Q bedeutet:

Buchstabe	Bedeutung
P	Bildröhren mit magnetischer Ablenkung
Q	Bildröhren mit gemischter Ablenkung
R	Bildröhren mit elektrostatischer Ablenkung
S	Vervielfacherbildröhren

In den Gruppen R, S und T bedeuten:

Buchstabe	Bedeutung
N	Schutzröhre
P	Impulsdiode
Q	Doppelimpulsdiode
R	Impulstriode
S	Impulstetrode
T	Impulspentode
U	Impulsröhre mit mehreren Elektroden

Weitere Buchstaben in diesen Gruppen haben die gleiche Bedeutung wie bei den Empfängerröhren.

Der dritte Teil der Bezeichnung

besteht wiederum aus einer Zahl. Zahlen von 1 bis 39 geben den Sockel entsprechend der Empfängerröhrenbezeichnung an, höhere Zahlen die Konstruktion der Röhre.

Aufschlüsselung der angeführten Beispiele:

124 QR 5 eine Bildröhre mit einem Leuchtschirm von 12 cm ∅, 4. Type, elektrostatische Ablenkung, Sockel 5.

11 TW 31 Einweggilmmröhre mit kalter Katode, erste Type, Sockel E 14.

51 TR 7 Thyratron mit einer Heizleistung von 50 bis 100 W, erste Type, Impulstriode, Sockel 7.

Sowjetische Elektronenröhren

Die Bezeichnung der sowjetischen Elektronenröhren ist in ähnlicher Weise aufgebaut: Ziel ist die Unterscheidung der Typen und die Angabe der wichtigsten Eigenschaften.

Alte Bezeichnung

Die erste Elektronenröhre, die im Jahre 1918 im Laboratorium von Nischny Nowgorod unter der Leitung von M. A. Bonc-Brujevice konstruiert wurde, erhielt die Bezeichnung ПР-1, wörtlich „Durchlaßrelais". Die Elektronenröhren nannte man also Katoden oder Vakuumrelais.

Im Jahre 1922 wurde eine Empfangs- und Sendetriode der Type P-5 konstruiert, also Relais 5. Die erste Elektronenröhre mit Thoriumkatode aus dem Jahre 1923 war eine „Mikro", denn sie benötigte eine 10mal kleinere Heizleistung. Eine Doppelgittertriode war МДС/Mikro, Doppelgitter, eine Doppelwegdiode К2-Т, ein Kenotron mit zwei Anoden und Thoriumkatode. Im Jahre 1929 wurde eine einheitliche Bezeichnung eingeführt, die bis vor kurzem gültig war. Der erste Buchstabe bezeichnete die Art der Röhre: П Empfänger-, У Verstärker-, С Spezial-, В Gleichrichter-, Т Telefon-, Н Niederfrequenzröhren. Der zweite Buchstabe bezog sich auf die Katode: Т Thorium-, К Karbid-, О Oxydkatode. Nach dieser Bezeichnung wurden die erwähnten Röhren П-7, ПТ-2, СТ-6 und ВТ-14 genannt.

Allerdings hatte diese Bezeichnungsart den Nachteil, daß sie unter einem Buchstaben sehr verschiedenartige Röhren vereinigte, zum Beispiel zwei Arten HF-Pentoden, genau wie bei unserer Bezeichnung, wo sich beide Arten nur durch eine Ziffer unterscheiden (AF 7, AF 3).

Schließlich wurde die Mehrzahl der Röhren in die Kategorie der C-Spezialröhren eingereiht, zum Beispiel die Heptode im Jahre 1937 als CO-183, die Duodiode-Pentode als CO-193 u. ä. Außerdem unterschied diese Art der Bezeichnung nicht Batterie-, Netz- und Universalröhren.

1937 wurde die Herstellung einer Metallröhrenserie aufgenommen, gegebenenfalls als Varianten der V-Röhren: 6 А 8, 6 Г 7, 6 Ж 7, 6 К 7, 6 П 7, 6 Ф 5, 6 Ф 6, 6 С 5, 6 Х 6, 5 Ц 4, 6 Е 5.

Diese Serie unterschied sich in ihrer Bezeichnung vorteilhaft von der alten Kennzeichnung, ist aber nicht immer ganz konsequent. So gilt zum Beispiel der Buchstabe Ф für eine Vorverstärkertriode mit großem Verstärkungsfaktor, 6 Ф 5, und für eine Endpentode 6 Ф 6. Die zweite Ziffer, die die Zahl aller Sockeldurchführungen kennzeichnete, charakterisierte die Röhre nicht gut, und außerdem konnte es zu Verwechslungen mit ganz anderen Typen kommen.

Im Jahre 1940 wurde ein neuer Vorschlag gemacht: Die erste Ziffer soll die ungefähre Heizspannung in Volt angeben, an der zweiten Stelle soll ein Kennbuchstabe stehen (der zweite Buchstabe in der europäischen Bezeichnung) und an dritter Stelle ein Kennzeichen analog der europäischen Bezeichnungsmethode. Dieses System ähnelt also dem normalen europäischen, nur erscheint statt der ersten Buchstaben eine Zahl, die die Heizspannung angibt. Technologisch wird die Elektronenröhre durch eine weitere Angabe gekennzeichnet: ohne Buchstabe eine normale Stahlröhre, C eine gewöhnliche Glasröhre, M eine kleine Glasröhre, Ж eine Eichelröhre.

Die neue sowjetische Einheitsbezeichnung für Elektronenröhren

Die ständig wachsende Zahl der Typen von Elektronenröhren forderte endlich eine systematische Bezeichnung aller Typen, nicht nur der Empfängerröhren. Man lehnte sich an die 1940 vorgeschlagene Bezeichnungsart an. Seit dieser Zeit wurde die Bezeichnung der Elektronenröhren nach dem gleichen Prinzip durchgeführt, ebenfalls für alle Spezialröhren außer für Quecksilberdampfgleichrichter. Die Bezeichnung umfaßt vier Gruppen und charakterisiert Eigenschaften und Ausführungen ausreichend.

Erster Teil der Bezeichnung

Bezeichnung	Gruppe
ГК	Oszillatorröhren bis 25 MHz
ГУ	Ultrakurzwellenoszillatoren bis 600 MHz
ГО	Zentimeteroszillatoren
ГМ	Modulatorröhren
В	Dioden
СГ	Spannungsstabilisatoren
ТГ	Gasthyratrons
ТП	Quecksilberthyratrons
ГГ	Gasdioden
ГР	Quecksilberdioden
Ф	Fotozellen und Vervielfacher

Bezeichnung	Gruppe
ungefähre Heizspannung	Empfänger-, Verstärker- und Gleichrichterröhren für Empfänger und ähnliche Zwecke
Durchmesser oder Diagonale des Leuchtschirms in cm	Oszillografen- und Fernsehbildröhren

Zweiter Teil der Bezeichnung

Bezeichnung	Gruppe
Д	Dioden
Х	Doppeldioden
С	Trioden
Э	Tetroden
П	Endpentoden und Tetroden mit Elektronenbündelung
К	HF-Pentoden und Tetrodenselektoden
Ж	HF-Pentoden und Tetroden mit kleiner Steilheit
А	Frequenzwandler mit zwei Steuergittern
Г	Trioden mit einer oder mit zwei Dioden
Б	Pentoden mit einer oder mit zwei Dioden
Н	Doppeltrioden
Ф	Trioden-Pentoden
Е	Abstimmanzeigeröhren
Ц	Gleichrichterdioden für Empfänger
	Gasdioden, -trioden und Entladungsröhren
ЛО	Bildröhren mit elektrostatischer Ablenkung
ЛМ	Bildröhren für Oszillografen mit elektromagnetischer Ablenkung
ЛК	Fernsehbildröhren mit elektromagnetischer Ablenkung
ЛИ	Ikonoskop oder Orthikon
Ц	Fotozellen und Vervielfacher mit Zäsiumkatode
С	Fotozellen und Vervielfacher mit Zäsium-Antimonkatode

Bei Oszillator- und Modulatorröhren sowie Spannungsstabilisatoren fehlt eine Angabe an der zweiten Stelle.

Dritter Teil der Bezeichnung

Bezeichnung	Gruppe
Ordnungszahl der Type	Oszillatorröhren für alle Bänder Modulatorröhren Empfänger-, Verstärker- und Gleichrichterröhren für Empfänger Spannungsstabilisatoren Fotozellen und Vervielfacher

Für Entladungsröhren jeder Art ist die dritte Stelle nicht besetzt.

Vierter Teil der Bezeichnung

Gruppe

1. Oszillator- und Modulatorröhren. Der Buchstabe gibt die Kühlart an.

Buchstabe	Bedeutung
A	Luft
B	Wasser

2. Bildröhren. Buchstabe bezeichnet den Leuchtschirm.

Buchstabe	Bedeutung
Б	weiß
С	blau
В	grün
Ж	gelbgrün
П	nachleuchtend
К	nicht nachleuchtend

Der vierte Teil der Bezeichnung kann fehlen.

3. Fotozellen und Vakuumvervielfacher
4. Fotozellen und Gasvervielfacher
5. Entladungsröhren
   Bruch: Zähler — mittlerer Strom in A, Nenner — Sperrspannung in kV
6. Empfänger-, Verstärker- und Gleichrichterröhren sowie Stabilisatoren für Empfänger
   Ohne Bezeichnung handelt es sich um Metallröhren.

Buchstabe	Konstruktion
С	Glasröhren
Ж	Eichelröhren
Б	mit einem Durchmesser von 10 mm
А	mit einem Durchmesser von 6 mm
Л	Schlüsselröhren
П	Zwergröhren
Д	Tellerröhren (Leuchtturmröhren)

Wenn irgendein Zeichen mit Ausnahme des letzten fehlt, steht an seiner Stelle ein Strich.

Bezeichnungsbeispiele

1. Frequenzwandler mit zwei Steuergittern, Heizung 1,2 V, erste Type, Zwergröhre 1А1П
2. Hochfrequenzpentode mit 6,3 V Heizung, Selektode, siebente Type, Metallröhre 6К7
3. Röhre wie unter 2., Glasröhre 6К7С
4. Tetrode mit Elektronenbündelung, 6,3 V Heizspannung, erste Type, Zwergröhre 6П1П
5. Oszillatorröhre bis 25 MHz, ohne besondere Kühlung, vierte Type ГК–4
6. Oszillatorröhre bis 600 MHz mit besonderer Kühlung, zweite Type ГУ–2
7. Zäsiumfotozelle, zweite Type, Vakuumröhre ФП2В

Diese Bezeichnung wurde mit der Norm GOST 5461—50 veröffentlicht und gilt ab 1. 5. 1951.

Berlin III auf 94 MHz

Nachdem erst vor wenigen Wochen in der Messestadt Leipzig ein neuer UKW-Sender auf 88 MHz mit dem Programm Berlin I seine Tätigkeit aufgenommen hat, erhält nunmehr auch Thüringen einen UKW-Sender. Diese Tatsache wird besonders von den Hörern im Thüringer Raum sehr begrüßt werden, da die Rundfunkversorgung aus der Deutschen Demokratischen Republik im Raum südwestlich des Thüringer Waldes bisher besonders unzureichend war, und zwar führte die stark abschirmende Wirkung des Thüringer Waldes gegen die nördlich und nordöstlich gelegenen Sender zu vielen Schwierigkeiten. Es lag auf der Hand, einen Weg zu suchen, um diese Versorgungslücke zu schließen. Viele Messungen wurden durchgeführt, um ein klares Bild über die tatsächlichen Verhältnisse zu ermitteln. Der seinerzeit aufgestellte kleinere Mittelwellensender Schleusingen erfüllte keinesfalls die Erwartungen. Er hatte lediglich eine rein örtliche Bedeutung und konnte nicht dazu beitragen, die Rundfunkversorgung im Raum südlich des Thüringer Waldes wesentlich zu verbessern. Das Ministerium für Post- und Fernmeldewesen faßte daher den Entschluß, einen UKW-Sender auf dem Inselsberg zu errichten. Dank der Arbeit unserer Werktätigen und der technischen Intelligenz und dank der Voraussicht unserer Regierung wurde es möglich, den neuen, zunächst noch mit geringer Leistung strahlenden UKW-Sender in einem Turm auf dem Inselsberg unterzubringen. Es ist vorgesehen, diesen Sender in absehbarer Zeit durch eine größere Endstufe zu verstärken.



Selbstverständlich erfordert die Aufstellung eines neuen UKW-Senders eine beachtliche Vorarbeit. So mußte der durch Kriegseinwirkungen beschädigte Turm renoviert werden, er erhielt eine neue Verkleidung und innen einen Zweckausbau, der auch die Aufnahme weiterer funktechnischer Einrichtungen ermöglicht. Die beachtliche Höhe des Inselsberges von 915 m und die Höhe des Turmes von 50 m gestatten eine günstige Aufstellung des UKW-Senders. Wieder wurde ein technisches Mittel geschaffen, mit dem neben der Sendung eines Kulturprogrammes die Stimme der Deutschen Demokratischen Republik nach Einheit und Frieden in ganz Deutschland ruft.

Rein technisch betrachtet, ist der Sender ähnlich dem des Leipziger UKW-Senders gebaut. Die Antenne ist eine 2-Ebenen-Dipolantenne, die im weiteren Ausbau durch eine kombinierte Antenne, die sowohl UKW- als auch Fernsehzwecken dienen kann, ersetzt wird. Die Zuführung der Modulationsfrequenz wird später über eine Dezimeterlinie erfolgen. Die Hörer, die die Planmäßigkeit des Aufbaues unseres UKW-Sendenetzes verfolgen, werden erkennen, daß dieser Sender in Verbindung mit dem UKW-Sender Brocken und dem UKW-Sender Leipzig einen UKW-Empfang im gesamten südwestlichen Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik zuläßt. Weitere UKW-Sender werden den Anschluß an das bisher erfaßte Gebiet herstellen und damit die Deutsche Demokratische Republik planmäßig mit UKW-Rundfunk versorgen. *Gradecki*

WERNER TAEGER

Dynamikregelung

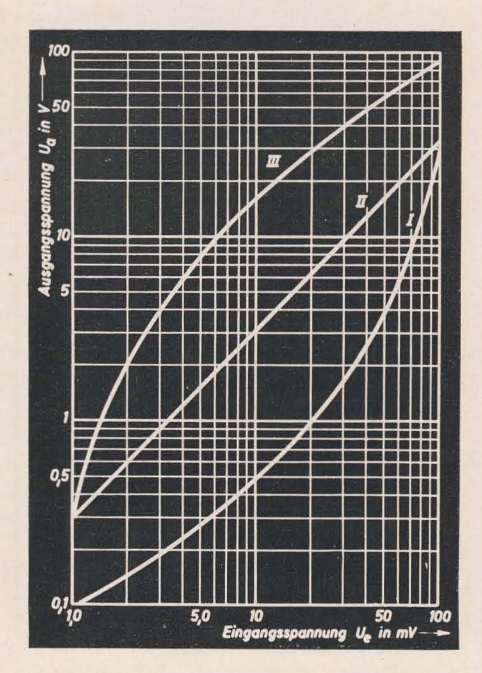


Bild 1: Verstärkerkennlinien ohne und mit Dynamikregelung

Kurve I Dynamikregelung 1:3, kleine Lautstärken weniger verstärkt

Kurve II 300 fache Verstärkung ohne Dynamikregelung

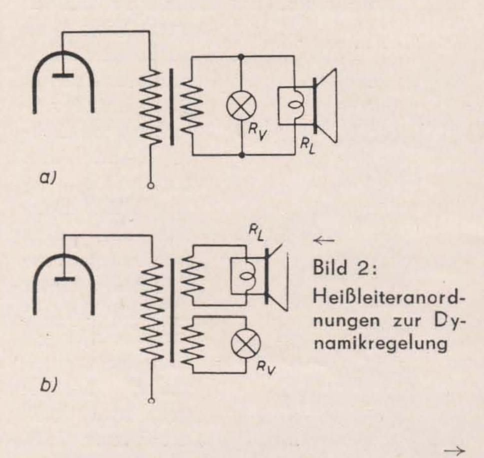
Kurve III Dynamikregelung 1:3, kleine Lautstärken mehr verstärkt

Die Dynamik eines Orchesters im Konzertsaal beträgt etwa 60 db, das ist ein Verhältnis der kleinsten zur größten vorkommenden Lautstärke wie 1 : 1000 (Spannungsverhältnis). Durch den Rundfunk ist die Wiedergabe mit einer derartig großen Dynamik nicht möglich, da sie nach unten durch den Rauschpegel, also das Widerstands- und Röhrenrauschen, begrenzt ist. Eine obere Grenze ist durch die Aussteuerbarkeit der Verstärker gegeben, das heißt durch den zulässigen Klirrfaktor. Bei der Schallplattenwiedergabe ist die Dynamik noch mehr begrenzt; hier bestimmt das Plattenrauschen den unteren, der Rillenabstand den oberen Grenzwert.

Macht man nun den Verstärkungsgrad des Niederfrequenzteiles auf der Empfangsseite von der jeweiligen Lautstärke in dem Sinne abhängig, daß mit wachsender Lautstärke auch der Verstärkungsgrad zunimmt und umgekehrt, so ist das Problem der Dynamikregelung im Prinzip bereits gelöst. Es ist aber dabei noch zu bedenken, daß die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres nach einer logarithmischen Funktion verläuft, daher muß auch die Änderung des Verstärkungsgrades im logarithmischen Maßstab erfolgen. Bild 1 zeigt die Abhängigkeit der Verstärkerausgangsspannung von der Eingangsspannung für eine Grundverstärkung V = 300 (etwa 50 db entsprechend). Während Kurve II für einen Verstärker ohne Dynamikregelung gilt — Eingangsspannung und Ausgangsspannung sind bis zur Aussteuerungsgrenze einander proportional—, entsprechen die Kurven I und III dem dynamikgeregelten Verstärker, und zwar ist in beiden Fällen das Regelverhältnis 1 : 3. Kurve I zeigt einen Regelverlauf, bei dem für hohe Eingangsspannungen die Verstärkung V = 300 beträgt, im Bereiche kleiner Eingangsspannungen (bei U_e = 1 mV) ist sie aber bis auf 100 mV herabgesunken. Umgekehrt liegen die Verhältnisse bei der Regelung nach Kurve III. Hier ist die Verstärkung für kleine Lautstärken 300fach und wird bei großen Lautstärken, beispielsweise für 100 mV Eingangsspannung, bis auf 900 heraufgeregelt.

Wesentlich für eine richtige Dynamikregelung ist die zweckmäßige Bemessung der Regelzeiten, das heißt der Geschwindigkeiten, mit denen Ein- und Ausregelung vor sich gehen. Hierfür sind die Zeitkonstanten des Regelkreises maßgeblich, also die Zeiten, die notwendig sind, um das 0,63fache der überhaupt erreichbaren Lautstärkeänderungen nach oben und nach unten herbeizuführen. Die Zeitkonstanten dürfen nicht zu groß bemessen sein, um die Einsatzverzögerung nicht hörbar werden zu lassen. Bei zu kleinen Zeitkonstanten treten dagegen Verzerrungen auf, weil dann die Regelspannung nicht mehr proportional der mittleren Tonfrequenzspannung, sondern deren Zeitwert ist. Für Einregelung, darunter versteht man die Dynamiksteigerung bei Lautstärkeanstieg, und für Ausregelung, also Rückregelung der Verstärkungsziffer bei Lautstärkeabnahme, müssen die Zeitkonstanten verschieden bemessen sein. Da das Ohr eine gewisse Trägheit besitzt — Schallimpulse werden erst nach etwa 200 ms Dauer mit der vollen Lautstärke wahrgenommen —, kann man die Ausregelzeit zu etwa 0,2 bis 0,3 s festsetzen, die Einregelzeit muß aber wesentlich kleiner sein, etwa 30 bis 50 ms.

Die Größe der Dynamikausweitung ist durch die Leistungsfähigkeit der Endstufe und des Lautsprechers begrenzt. Beide müssen in der Lage sein, auch im heraufgeregelten Zustand die erforderliche Schalleistung verzerrungsfrei abzugeben. Daher wird man sich in den meisten Fällen mit einer Dynamiksteigerung von 1 : 3 bis 1 : 5 begnügen. Für Rundfunkdarbietungen dürfte ein Verhältnis von 1 : 4 richtig sein, bei Schallplattenwiedergabe soll man nicht über 1 : 3 hinausgehen, da der musikalische Genuß anderenfalls durch das gleichzeitige Zu- und Abnehmen des Plattenrauschens beeinträchtigt wird.



← Bild 2: Heißleiteranordnungen zur Dynamikregelung

Einfache Regelschaltungen lassen sich mit Heißleiteranordnungen aufbauen. Eine Metallfadenglühlampe wird der Schwingspule des Lautsprechers parallel geschaltet (Bild 2a), gegebenenfalls auch an eine angepaßte Sonderwicklung des Ausgangsübertragers angeschlossen (Bild 2b). Mit wachsender Spannung am Lautsprecher wird der Widerstand R_V der Glühlampe wegen ihres positiven Temperaturkoeffizienten größer, der Strom durch diesen Nebenschluß also kleiner, so daß eine Lautstärkezunahme eintritt, die größer ist als der dem Übertrager primärseitig zugeführten Tonfrequenzspannung entspricht. Als Heißleiter lassen sich für diesen Zweck Skalenlämpchen für 2 bis 6 V und 0,05 bis 0,5 A Stromverbrauch verwenden. Bild 3 zeigt die Abhängigkeit des Fadenwiderstandes von der angelegten Heizspannung für eine 0,3-W-Glühlampe (6 V/0,05 A). Der funktionelle Zusammenhang zwischen Spannung und Widerstand ist kein linearer, der Fadenwiderstand nimmt mit wachsender Fadenspannung erheblich zu.

Verwendet man beispielsweise einen 5-W-Lautsprecher mit einem Schwingspulenwiderstand von etwa $R_L = 5\,\Omega$ bei 800 Hz, so muß die parallel geschaltete Glühlampe im heißen Zustande einen Widerstand von $R_W \approx \frac{5\text{ V}}{0{,}5\text{ A}} = 10\,\Omega$ besitzen, im kalten einen solchen von etwa $R_K = 2$ bis $3\,\Omega$. Bei kleinen Lautstärken ist der Querstrom durch die Glühlampe dann

$$I_{Gl,K} = \frac{R_L \cdot I}{R_L + R_K} = \frac{5 \cdot I}{5 + 3} = 0{,}63 \cdot I,$$

also der Lautsprecherstrom $I_{L,K} = 0{,}37 \cdot I$, wenn I der sekundärseitige Gesamtstrom ist. Bei großen Lautstärken ist dagegen der Glühlampenstrom

$$I_{Gl,W} = \frac{5 \cdot I}{5 + 10} = 0{,}33 \cdot I,$$

der Lautsprecherstrom $I_{L,W} = 0{,}67 \cdot I$.

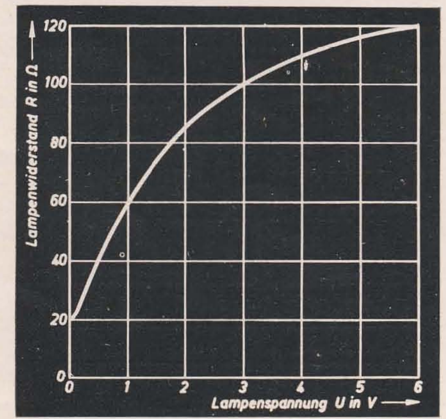


Bild 3: Widerstandsverlauf einer 0,3-W-Glühlampe in Abhängigkeit von der Lampenspannung →

Ist das Verhältnis der größten zur kleinsten Lautstärke ohne Dynamikregelung n, so beträgt es nach Einbau des Heißleiters etwa

$$n' = \frac{0,67}{0,37} = 1,8.$$

Eine erhebliche Verbesserung der Dynamik kann man durch Verwendung einer Brückenschaltung mit zwei Heißleitern und zwei gewöhnlichen linearen Ohmschen Widerständen nach Bild 4 erreichen. An die eine Diagonale der Brücke wird die Sekundärwicklung des Ausgangsübertragers, an die andere die Schwingspule des Lautsprechers geschaltet. An den Punkten a und b in der Schaltung können zwei einfache Ausschalter eingebaut werden, die das Betreiben des Lautsprechers ohne Dynamikregelung ermöglichen. Aus der folgenden kleinen Tabelle lassen sich die entsprechend dem Schwingspulenwiderstand passenden Glühlampen auswählen:

Lautsprecherimpedanz 3 Ω	Ohmscher Widerstand R Ω	Zu verwendende Skalenlampen bei Lautsprecherleistung 4 W	Lautsprecherleistung 8 W
3	0,5	2,5 V/0,2 A	3,5 V/0,3 A
5	0,8	3,5 V/0,2 A	5 V/0,2 A
7,5	1,5	—	2×4 V/0,11 A

Leider haften der Methode der Dynamikregelung mit Heißleiteranordnungen zwei grundsätzliche Mängel an: Die Verluste im Heißleiter sind nämlich sehr erheblich. Wie man aus dem Beispiel der einfachen Glühlampenregelung ersieht, nimmt die Lampe im kalten Zustande etwa 63%, im warmen 33%, im Mittel also etwa 50% der Ausgangsleistung auf. Dieser Anteil geht für die Schalleistung verloren. Weiterhin unterscheiden sich Einschwing- und Ausschwingzeiten der Anordnung nur wenig voneinander (die Abkühlzeiten einer Glühlampe sind nur wenig größer als ihre Erwärmungszeiten).

Wirkungsvoller, wenn auch umständlicher im Aufbau, sind Dynamikregler, die trägheitslos arbeitende Elektronenröhren benutzen. Da der Augenblickswert der

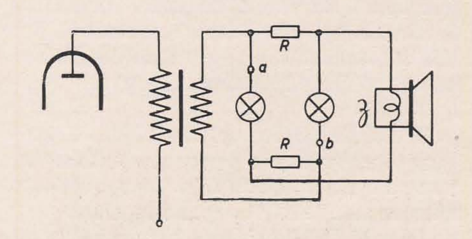


Bild 4: Brückenschaltung

Tonfrequenzspannung zur Regelung mit Hilfe trägheitsloser Relais nicht herangezogen werden kann, muß die Tonfrequenz zunächst gleichgerichtet werden, um eine ihr proportionale Regelspannung zu erhalten. Selbstverständlich muß diese gleichgerichtete Spannung gut gesiebt werden, da schon geringe Reste der Niederfrequenz störende Effekte hervorrufen würden.

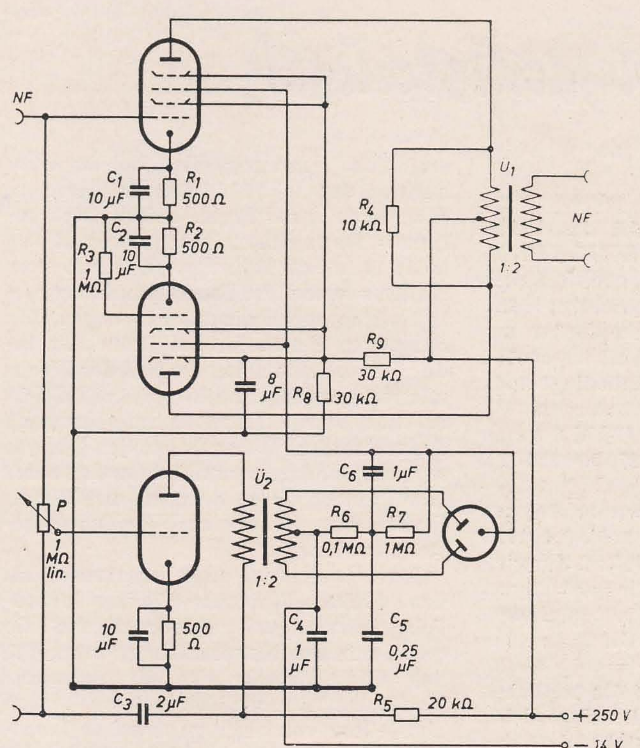


Bild 5: Röhrenschaltung zur Dynamikregelung

Bild 5 gibt die Schaltung für eine Dynamikregelung mit Elektronenröhren an. Die Schaltung ist so aufgebaut, daß sie nachträglich in jedes größere Empfangsgerät nach Auftrennung im Niederfrequenzkanal eingefügt werden kann. Die beiden in Gegentakt geschalteten Hexoden mit je zwei Steuergittern dienen gleichzeitig als Verstärkerstufe (Steuergitter 1) und zur Dynamikregelung (Steuergitter 2). Die zu regelnde Niederfrequenz wird dem Gitter einer Triode über ein Potentiometer P (zur Einstellung des Regelgrades) zugeführt und in einer Diode gleichgerichtet. Zur Aussiebung der Niederfrequenz dienen die Widerstände R_6 und R_7 sowie die Kapazität C_6. Als Zeitkonstanten ergeben sich mit den angegebenen Werten für die Widerstände und Kapazitäten für die Einschwingzeit 100 ms und für die Ausschwingzeit 1 s, und zwar bestimmt im Zusammenwirken mit der Kapazität C_6 der Widerstand R_6 die Einschwingzeit und der Widerstand R_7 die Ausschwingzeit. Durch die Gegentaktschaltung der Hexoden wird vermieden, daß noch vorhandene Reste der Niederfrequenz und solche von Gleichspannungsstößen im Anodenkreis dieser Röhren wirksam werden. Die Gitterspannung muß für günstigste Arbeitsweise auf etwa —14 bis —16 V eingestellt sein. Von ihrer Größe hängt der Verlauf der Regelkurve ab; sie soll etwa der Kurve I im Bild 1 entsprechen. Der Widerstand R_4 ist zur Gewährleistung eines geradlinigen Frequenzganges notwendig. Ist eine zusätzliche Verstärkung in der Gegentaktstufe erwünscht, so kann man R_4 statt mit 5 bis 10 kΩ auch mit 20 kΩ einsetzen. Mit dem Gerät kann ein Regelgrad bis etwa 1 : 10 eingestellt werden. Der Übertrager $Ü_1$ mit einem Übersetzungsverhältnis 1 : 2 ist ein Gegentaktzwischentrafo mit Permalloykern, dessen Primärimpedanz möglichst groß zu wählen ist. Der Anodenstrombedarf der Röhren von etwa 25 mA bei 250 V kann aus dem Rundfunkgerät mit entnommen werden. Für den Heizstrom ist ein besonderer Heiztrafo vorzusehen.

Zur Berufsschulpflicht der Lehrlinge

Ein wichtiger Faktor der Berufsausbildung der Lehrlinge zu qualifizierten Facharbeitern ist der theoretische Unterricht in den Berufsschulen. Die neuen Ausbildungsunterlagen bestimmen daher mit Recht, daß die praktische Ausbildung des Lehrlings im Betrieb Hand in Hand mit dem Unterricht in der Berufsschule zu erfolgen hat. Nur durch eine gute Zusammenarbeit beider Ausbildungsstätten ist es möglich, den Lehrlingen das notwendige Fachwissen ihres Berufes zu vermitteln und sie zu gesellschaftlich fortschrittlichen Menschen zu erziehen. Während für Jugendliche, die in keinem Ausbildungsverhältnis stehen, die Pflicht zum Besuch der Berufsschule mit der Vollendung des 18. Lebensjahres endet, ist dies bei den Lehrlingen anders. Diese sind, bis sie die Lehrabschlußprüfung (Facharbeiterprüfung) ablegen, zum Besuch der Berufsschule verpflichtet. Das Alter des Lehrlings spielt hierbei keine Rolle. Dies wurde ausdrücklich im Schulpflichtgesetz vom 15. Dezember 1950 festgelegt. Dieses Gesetz verpflichtet gleichzeitig die Erziehungsberechtigten, die ausbildungsberechtigten Betriebsinhaber und alle sonst mit der Ausbildung und Beaufsichtigung der Lehrlinge in den Betrieben betrauten Personen, dafür zu sorgen, daß die Lehrlinge ihre Schulpflicht auch erfüllen. Der für verbindlich erklärte Mustervertrag für die Berufsausbildung in der privaten Wirtschaft vom 15. August 1952, der allen Lehrausbildungsverträgen in den privaten Betrieben zugrunde zu legen ist, bestimmt, daß die Inhaber bzw. die Leiter der Ausbildungsbetriebe die Pflicht haben, den Berufsschulbesuch zu überwachen. Es handelt sich hierbei um eine vertraglich festgelegte Pflicht, die unbedingt zu erfüllen ist. Auch in bezug auf diese Überwachung haben die Ausbildungsbetriebe mit den Berufsschulen zusammenzuarbeiten. Es hat sich hierbei die Einführung einer Karte bewährt, auf der der Berufsschullehrer stets die Teilnahme des Lehrlings am Schulunterricht bescheinigt. Da es immer wieder „Drückeberger" gibt, sei erwähnt, daß die Teilnahme am Unterricht nach den Bestimmungen des Schulpflichtgesetzes erzwungen werden kann, soweit sollte es jedoch nicht kommen. Die Ausbilder haben vielmehr die Pflicht, säumige Lehrlinge immer wieder auf die Notwendigkeit des Besuches der Berufsschule hinzuweisen.

Nach den geltenden Bestimmungen ist die Berufsschulzeit zu bezahlen. Weiterhin hat der Betrieb etwaige Fahrkosten zu übernehmen, die dem Lehrling durch den Besuch der Schule entstehen. Berufsschultage mit mindestens sechs Unterrichtsstunden gelten dabei als volle Arbeitstage. Lehrlingen, die die Berufsschule „schwänzen", kann der Ausbildungsbetrieb die Bezahlung der auf diese Zeit entfallenden Lehrlingsvergütung verweigern. Auch dies kann als Erziehungsmittel dienen, säumige Lehrlinge zu regelmäßigem Schulbesuch anzuhalten. *kl—s.*

Erfahrungsaustausch

UCH 11 für ECH 11 bzw. ECH 11 für UCH 11

Die in der Leserzuschrift des Herrn Karl-Heinz Fischer, DEUTSCHE FUNK-TECHNIK, H. 1/53, S. 27, geübte Kritik ist inhaltlich nicht ganz richtig; denn wenn zwei verschiedene Empfänger zur gleichen Zeit zum Verkauf angeboten werden, so sind sie nicht unbedingt auch zur gleichen Zeit hergestellt worden.

Der EAW-Super AT 560 GWK 3 wurde in der Zeit vom 13. 8. bis 27. 8. 1952 mit der ECH 11 bestückt.

Der EAK-Super 97/51 wurde dagegen viel früher, nämlich vom 6. 2. bis 9. 4. 1952 mit der Röhre UCH 11 geliefert. Zur gleichen Zeit waren auch wir gezwungen, einen Teil der Wechselstromempfänger AT 660 WK 3 mit der UCH 11 zu bestücken.

Mit diesem Hinweis auf die zeitlichen Zusammenhänge soll nun allerdings nichts beschönigt werden. Fest steht, daß eine solche Umstellung keine Glanzleistung der Technik ist, wenn sie auch den an der Serienfertigung Beteiligten durch Kurzfristigkeit und technische Schwierigkeiten oftmals schwere Nüsse zu knacken gibt. Die erste Bedingung einer Serienfertigung ist nun einmal die große Stückzahl in ein und derselben Ausführung. Hinzu kommen gewisse technische Bedenken. Wer sich aber in einer solchen Situation, wie sie bei der Fertigung der Mischröhren eintrat, nicht umstellen oder anpassen will, nimmt vielen Kollegen Lohn und Brot; denn leider lassen sich die Geräte nicht stapeln, da sie mit der Bestückungsröhre nun einmal zusammen abgeglichen werden müssen.

Da nun die Frage hier öffentlich diskutiert wird, werden die Kollegen des RFT Funkwerkes Erfurt gebeten, sich an dieser Stelle einmal zu dem Kapitel „Engpaß Mischröhre" zu äußern.

Elektro-Apparate-Werke J.W. Stalin, Berlin-Treptow
gez. Seefeldt

Wir haben von dem Artikel des Kollegen Karl-Heinz Fischer, DEUTSCHE FUNK-TECHNIK, H. 1/53, S. 27, Kenntnis genommen.

Es ist durchaus verständlich, daß es einem Kollegen, der außerhalb der Produktion steht, verworren erscheinen muß, wenn Wechselstromgeräte (also mit einer E-Bestückung) als Mischröhre eine UCH 11 aufweisen und wiederum umgekehrt, wie in dem Artikel erwähnt, ein Allstromgerät mit einer ECH 11 bestückt ist.

Der Großsuper 97/51 wurde von Stern-Radio Sonneberg (Elektro-Apparate-Fabrik Köppelsdorf) hergestellt, seine Produktion lief im April 1952 aus. Die Serienfertigung des Mittelsupers AT 560 der Elektro-Apparate-Werke, wurde im Dezember 1952 beendet.

In den ersten Monaten des Jahres 1952 hatten die Röhrenwerke materialbedingt erhebliche Schwierigkeiten bei der Produktion der ECH 11, hierüber wurde im März auch in der Presse umfangreich berichtet. Da zu diesem Zeitpunkt die Röhre UCH 11 in dem Röhrenwerk Erfurt ohne nennenswerten Produktionsausfall gefertigt wurde, sahen wir uns gezwungen, den damaligen Warenstau bei Sonneberg dadurch zu beheben, daß ein Teil der Wechselstromempfänger mit der Röhre UCH 11 bestückt wurde. Damit konnte einerseits der vorhandene Warenstau in den Werken reduziert und zum anderen konnten der Bevölkerung die so dringend benötigten Rundfunkempfänger zur Verfügung gestellt werden.

Im III. Quartal 1952 entstanden in den Elektro-Apparate-Werken erhebliche Schwierigkeiten dadurch, daß die erforderlichen Netztransformatoren für das Allstromgerät AT 560 nicht zur Verfügung standen, da seinerzeit eine Umstellung von kupfergewickelten Transformatoren auf aluminiumgewickelte Transformatoren erfolgte. Um einen Warenstau zu vermeiden, sah sich das Werk veranlaßt, eine kleine Serie der Geräte statt mit der UCH 11 mit der ECH 11 zu bestücken. Ferner trat noch der unglückliche Umstand ein, daß sich in dem Röhrenwerk Erfurt bei der Fertigung der UCH 11 der prozentuale Ausfall durch Verwendung neuer Rohstoffe erhöhte.

Aus den oben geschilderten Umständen ist zu ersehen, daß es sich keinesfalls um eine Fehlplanung handelte, sondern diese Maßnahme durch die damaligen Produktionsverhältnisse erforderlich wurde, um kein Volksvermögen zu blockieren.

Deutsche Handelszentrale Elektrotechnik
Zentrale Leitung

Schlechte Empfangsleistung beim Braun-Koffersuper ER 3

Ein seltener Fehler wurde an einem Braun-Koffersuper ER 3 festgestellt. Das Gerät wurde mit der Bemerkung „schlechte Empfangsleistung" zur Reparatur gebracht. Eine eingehende Untersuchung ergab springende Eichung, die beim Schütteln des Chassis auftrat und natürlich eine entsprechende Leistungsminderung zur Folge hatte. Der Fehler konnte nicht an den Paralleltrimmern liegen, da das Springen am langwelligen Ende stärker als am kurzwelligen Ende auftrat. Es konnten daher nur die Paddings (Glimmerflachausführung in Pertinax) defekt sein. Nach Auswechseln derselben trat jedoch der Fehler unvermindert wieder auf. Jetzt erfolgte eine gründliche Untersuchung des Effektes, die folgenden Fehler erkennen ließ:

Die Statorplatten des Drehkondensators aus Aluminium sitzen in einer mit Schlitzen versehenen Halterung aus Messingblech. Kontakt und fester Sitz werden durch Körnung der durch das Messingblech ragenden Aluminiumlaschen der Statorplatten erreicht. Einige der Statorplatten hatten nun keinen festen Sitz mehr in den Schlitzen der Messingbleche, wodurch der beschriebene Effekt entstand. Da der Drehko aus Platzmangel nicht durch eine andere Type ersetzt werden konnte, mußte an eine Reparatur desselben gedacht werden. Um den nicht gerade einfachen Ausbau des Drehkondensators zu vermeiden, wurden die betreffenden Kontaktstellen mit Benzin mechanisch gereinigt, was sich ohne weiteres im eingebauten Zustand ausführen läßt. Dann wurden die nur ganz kurz aus dem Messingblech herausragenden Aluminiumlaschen der Statorplatten mit einer sehr flach angeschliffenen Flachzange, die sonst zum Justieren verzogener Drehkoplatten dient, leicht verdreht. Der Fehler trat nun nicht mehr auf, und das Gerät war hierdurch mit wenig Aufwand wieder betriebsfähig.

Da die Konstruktion des beschriebenen Drehkondensators sehr verbreitet ist, kann angenommen werden, daß der hier aufgeführte Fehler bei Geräten mit mehreren Betriebsjahren, vor allem aber bei Batteriegeräten, bei denen Säuredämpfe den Vorgang begünstigen, in Zukunft öfter auftreten wird als bisher.

Karlheinz Drechsler, Dresden

Schaltungsverbesserung des Supers „Sonneberg" 65/52 W

Im letzten Halbjahr wurde von verschiedenen Kunden beim Gerät „Sonneberg" beanstandet, daß oft, aber meist nur kurzzeitig, der Empfang durch Blubbern gestört wird. Anfangs war mir eine auch nur ungefähre Lokalisierung des Fehlers nicht möglich, da die Störung sofort beim Anschließen eines Meßinstrumentes verschwand.

Der Fehler macht sich durch ein neben der empfangenen Sendung auftretendes gleichbleibendes Blubbern in mittlerer Lautstärke bemerkbar. Die Stellung des Lautstärkereglers auf laut oder leise änderte weder die Lautstärke noch die Frequenz der Störung. Die immerhin reichlich bemessenen Kondensatoren der Siebkette von $2 \times 50\ \mu F$ verhindern ein starkes Schwanken des gesamten Anodenstromes nicht. Ferner bemerkte man im gleichen Takt eine Helligkeits- und Größenänderung der Leuchtsektoren der EM 11. Schließlich zeigte sich der Fehler auch auf Schallplattenstellung des Wellenschalters.

Grund der Störung scheint die Kopplung einer größeren Anodenstromschwankung der Endstufe zu sein. Diese ruft eine entsprechende Gitterspannungsänderung an dem 30-Ω-Widerstand hervor und wird dem Steuergitter des Triodensystems der ECL 11 über die Gitterwiderstände zugeführt, so daß ein Aufschaukeln die Folge des Störvorganges ist.

Beheben konnte ich diesen Fehler durch Vergrößern der Gittervorspannungssiebkette der ersten NF-Stufe. Der zwischen dem Gitterableitwiderstand von 1 MΩ und dem Siebwiderstand von 0,5 MΩ liegende Siebkondensator von 0,1 μF wurde mit Erfolg durch einen Kondensator von 0,25 μF ersetzt.

Egon Flemming, Potsdam

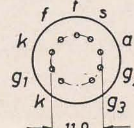
RÖHRENINFORMATION — EF 85

bearbeitet von Ing. Fritz Kunze

EF 85 60 67

Maximale Kolbenabmessungen

22,2



Anschluß der Sockelstifte von unten gegen die Stifte gesehen

Heizung

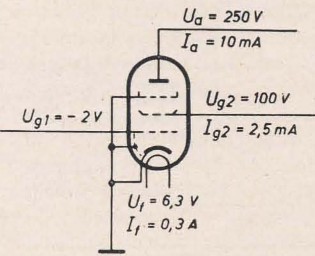
Indirekt geheizte Oxydkatode. Bei Wechselstromheizung (Parallelspeisung) ist die Heizspannung Einstellwert, bei Allstrombetrieb (Serienspeisung) der Heizstrom.

Heizspannung	U_f	6,3 V
Heizstrom	I_f	0,3 A

Betriebswerte als HF- oder ZF-Verstärker, gleitende Schirmgitterspannung

A. Besonderer Schirmgittervorwiderstand für die EF 85, zugleich Meßwerte

U_b	250		250		V
U_a	250		250		V
U_{g3}	0		0		V
R_{g2}	80		60		kΩ
R_{g1}	3		3		MΩ
R_k	180		160		Ω
Regelbereich	1 : 100		1 : 100		
U_{g1}	−1,8	−35	−2	−35	V
U_{g2}	90	244	100	244	V
I_a	8		10		mA
I_{g2}	2		2,5		mA
S	5,7	0,057	6	0,06	mA/V
R_i	0,5	>20	0,5	>20	MΩ
r_e bei 100 MHz	ca. 3		ca. 3		kΩ
$r_ä$	1,5		1,5		kΩ



Meßschaltung

B. Gemeinsamer Schirmgittervorwiderstand der Röhren ECH 81 und EF 85

a) ECH 81 als Mischröhre geschaltet,
b) ECH 81 als ZF- (HF-) Verstärker geschaltet

	a)		b)		
U_b	250		250		V
U_a	250		250		V
U_{g3}	0		0		V
R_v [1])	20		25		kΩ
Regelbereich	1 : 100		1 : 100		
U_{g1}	−2	−35	−2	−35	V
U_{g2}	96	250	100	250	V
I_a	10	0,3	10	0,25	mA
I_{g2}	2,5		2,5		mA
I_{Rv} [2])	7,7	0,6	6	0,5	mA
S	6	0,06	6	0,06	mA/V
R_i	0,5	>5	0,5	>5	MΩ
r_e bei 100 MHz	ca. 3		ca. 3		kΩ
$r_ä$	1,5		1,5		kΩ

[1]) Gemeinsamer Schirmgittervorwiderstand.
[2]) Strom im gemeinsamen Schirmgittervorwiderstand.

Verwendung

Steile, rauscharme Regelpentode mit hohem Eingangswiderstand, für eine geregelte HF-Verstärkung und ZF-Breitbandverstärkung in FM/AM-Empfängern bestimmt. Die gleitende Schirmgitterspannung kann durch einen besonderen Schirmgittervorwiderstand oder durch einen gemeinsamen Schirmgittervorwiderstand mit der ECH 81 erzeugt werden.

Paralleltypen

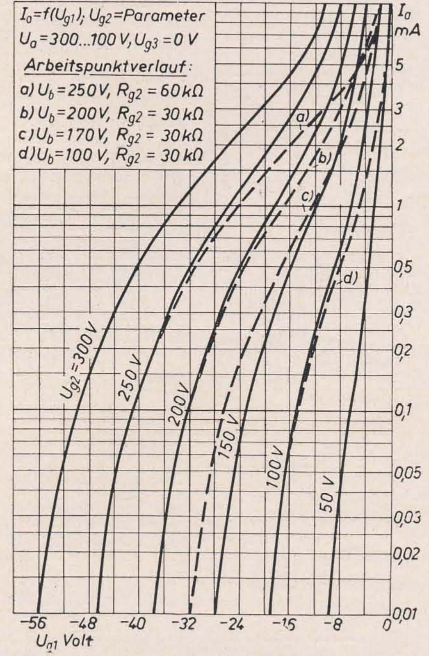
Die amerikanische Bezeichnung für die EF 85 ist **6 BY 7**. Die **UF 85** ist die entsprechende Allstromtype mit einem Heizfaden für 100 mA. Von der EF 13 unterscheidet sich die EF 85 durch größere Steilheit, höheren Eingangswiderstand und kleineren Rauschwiderstand.

Hersteller

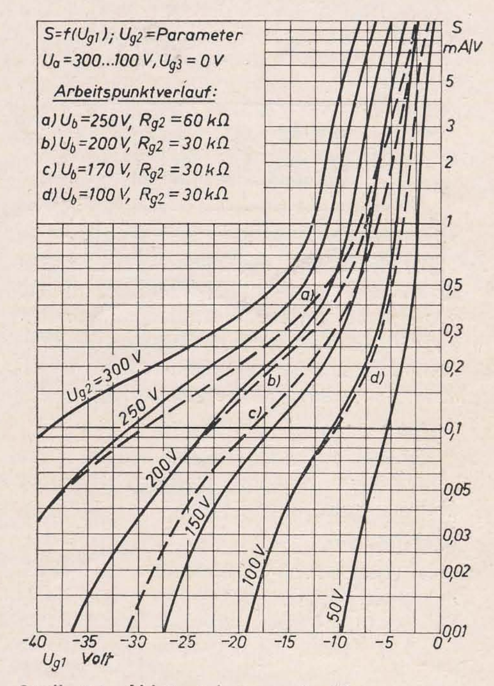
VEB Werk für Fernmeldewesen „HF".

Aufbau

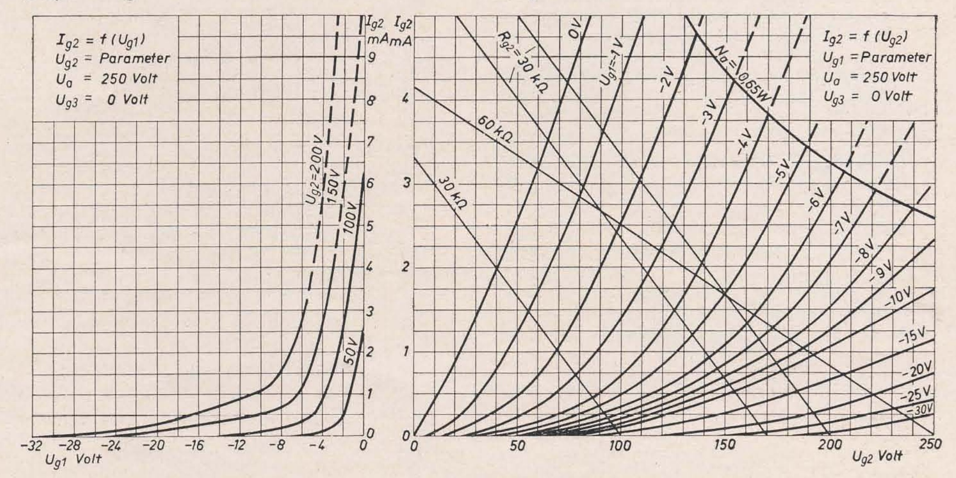
Miniaturröhre mit neun Stiften. Von einem Ende der Katode sind zwei Blechstreifen an zwei Stifte geführt. Durch Parallelschalten beider Anschlüsse wird die Selbstinduktion der Katodenfahnen herabgesetzt und ein besonders hoher Eingangswiderstand erzielt. Man kann außerdem die beiden Katodenanschlüsse getrennt verwenden. Wird an einen Anschluß der Gitterkreis, an den anderen Anschluß der Anodenkreis geschaltet, sind beide Kreise gut entkoppelt und beeinflussen sich gegenseitig nur wenig. Die innere Abschirmung ist an einen besonderen Stift geführt, ebenso das Bremsgitter, wodurch die Möglichkeit besteht, das Bremsgitter zur Erzielung einer Verzögerungsspannung heranzuziehen.



Anodenstrom in Abhängigkeit von der Gittervorspannung

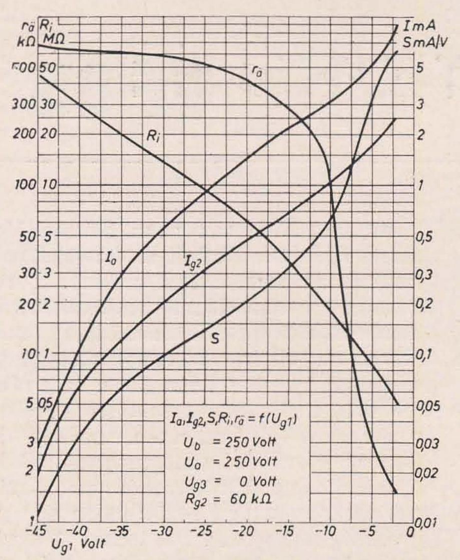


Steilheit in Abhängigkeit von der Gittervorspannung

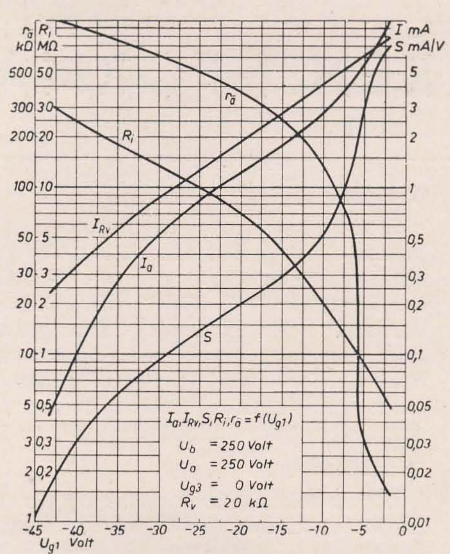


Schirmgitterstrom in Abhängigkeit von der Gittervorspannung

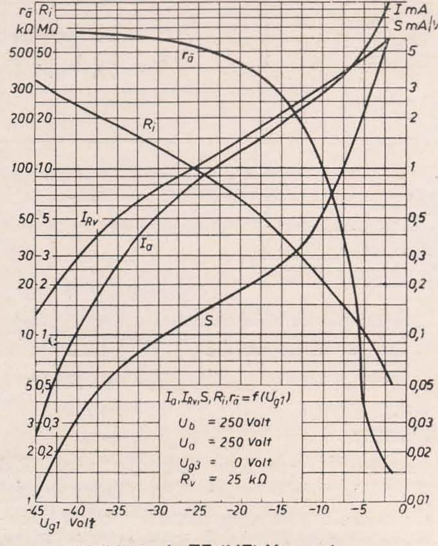
Schirmgitterstrom in Abhängigkeit von der Schirmgitterspannung



Besonderer Schirmgittervorwiderstand der EF 85



ECH 81 als Mischröhre



ECH 81 als ZF-(HF)-Verstärker

Gemeinsamer Schirmgittervorwiderstand der ECH 81 + EF 85

Anodenstrom, Strom im Schirmgitterwiderstand, Steilheit, Innenwiderstand, Rauschwiderstand in Abhängigkeit von der Gittervorspannung

Grenzwerte der EF 85

Anodenspannung	$U_{a\,max}$	300	V
Schirmgitterspannung			
ungeregelt	$U_{g2\,max}$	125	V
heruntergeregelt	$U_{g2\,max}$	300	V
Anodenbelastung	$N_{a\,max}$	2,5	W
Schirmgitterbelastung .	$N_{g2\,max}$	0,65	W
Katodenstrom	$I_{k\,max}$	15	mA
Gitterableitwiderstand	$R_{g1\,max}$	3	MΩ
Außenwiderstand zwischen Faden und Katode	$R_{f/k\,max}$	20	kΩ
Spannung zwischen Faden und Katode .	$U_{f/k\,max}$	150	V

Innere Röhrenkapazitäten

Eingangskapazität	$c_{g/k}$	ca. 7,2 pF
Ausgangskapazität ...	$c_{a/k}$	ca. 3,7 pF
Kapazität zwischen		
Gitter 1 — Anode ..	$c_{g1/a}$	<0,007 pF
Gitter 1 — Faden ..	$c_{g1/f}$	<0,15 pF

EAA 91

Verwendung

Duodiode mit niedrigem Innenwiderstand und getrennten Katoden, die in FM-Empfängern als Verhältnisgleichrichter und in Fernsehempfängern zur Bilddemodulation und Schwarzpegelgewinnung verwendet werden kann.

Aufbau

Miniaturröhre mit sieben Stiften. Die beiden Diodensysteme sind gegeneinander abgeschirmt.

Paralleltypen

In Westeuropa heißt diese Type **EB 91**. Die amerikanische Bezeichnung ist **6 AL 5**. Die entsprechende sowjetrussische Type, **6 X 2 II** (nicht zu verwechseln mit der amerikanischen Type 6 X 2 = EY 51!) läßt höhere Grenzwerte zu. Gleiche Systeme wie die EAA 91, aber einen Rimlockröhrensockel, hat die **EB 41**. Die gleichen Röhren mit einem Heizfaden für 100 mA tragen die Typenbezeichnungen **UAA 91** und **UB 41**.

Hersteller

VEB Werk für Fernmeldewesen „HF".

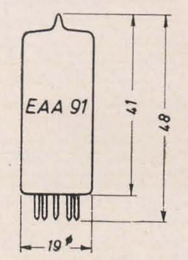
Heizung

Indirekt geheizte Oxydkatode. Bei Wechselstromheizung (Parallelspeisung) ist die Heizspannung Einstellwert, bei Allstrombetrieb (Serienspeisung) der Heizstrom.

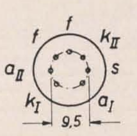
Heizspannung	U_f	6,3 V
Heizstrom	I_f	0,3 A

Grenzwerte je System

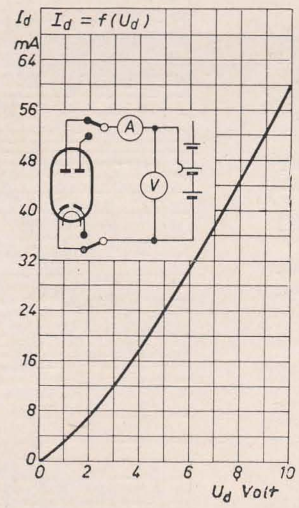
$U_{\sim eff}$	117	V
$U_{sperr\,max}$	330	V
$I_{d\,=\,max}$	9	mA
$I_{d\,sp\,max}$	54	mA
$U_{f/k\,max}$	330	V
$R_{f/k\,max}$	20	kΩ
$N_{a\,max}$	0,5	W
$C_{filt\,max}$	8	μF
$R_{i\,min}$	300	Ω



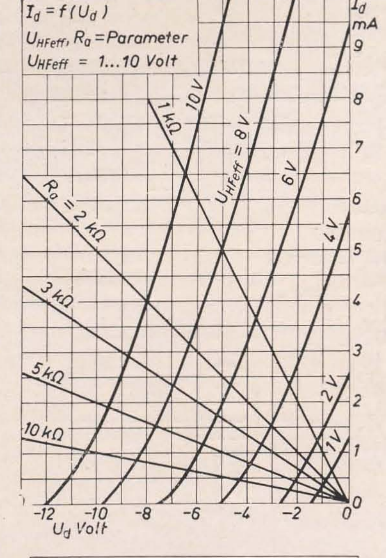
Maximale Kolbenabmessungen

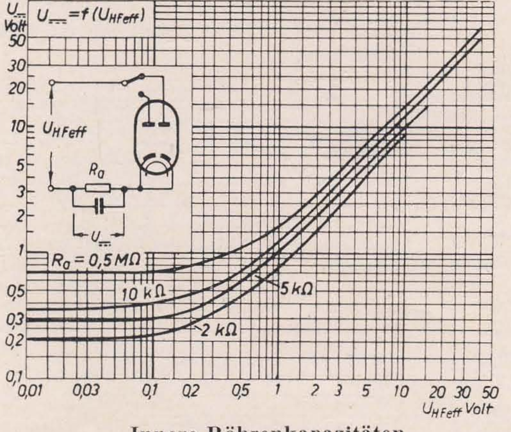


Anschluß der Sockelstifte von unten gegen die Stifte gesehen



Innenwiderstandskurve



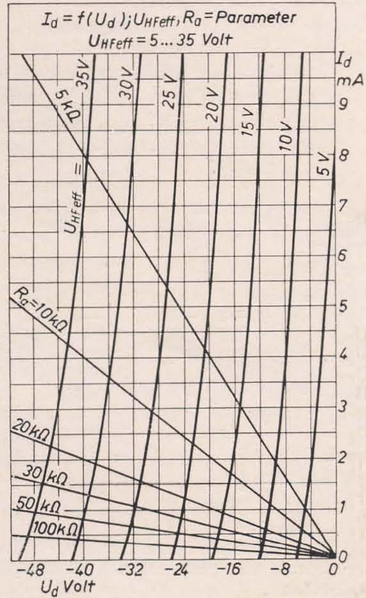


Innere Röhrenkapazitäten

Bei der Messung wird ein Abschirmzylinder (25 mm hoch, 19 mm ∅) über die Röhre gesetzt.

Werte je System

$c_{a/k+f+s}$	ca. 3,2 pF
$c_{k/a+f+s}$	ca. 3,8 pF
$c_{aI/aII}$	≦ 0,026 pF



LEHRGANG FUNKTECHNIK

11. Fortsetzung

Die Schaltungstechnik

Von Dipl.-Ing. A. RASCHKOWITSCH

Chemische Stromquellen

Die chemische oder galvanische Elektrizität ist neben der Reibungselektrizität am längsten bekannt. Die technischen Anordnungen (Apparaturen), die zur Gewinnung chemischer Elektrizität dienen, nennt man galvanische Elemente oder Zellen. Sie erzeugen durch bestimmte chemische Vorgänge elektrischen Gleichstrom. Mehrere Zellen werden zu einer elektrischen Batterie zusammengeschaltet.

Jede Zelle besteht im Prinzip aus zwei Elektroden, die in einen Elektrolyten[1]) (meist eine leitende Flüssigkeit) getaucht sind und dadurch eine elektrische Spannung gegeneinander erhalten. Durch das Wandern positiv und negativ geladener Atomreste, der sogenannten Ionen im Elektrolyten, die sich zu neuen, durch ihre Ladung bedingten Verbindungen vereinigen, wird elektrischer Strom erzeugt.

Man unterscheidet zwei Arten von Zellen:

a) Primärzellen, die den Strom unmittelbar erzeugen und abgeben,

b) Sekundärzellen (Akkumulatoren oder Sammler), die nur dann Strom liefern, wenn ihnen vorher Strom zugeführt wurde, das heißt, wenn sie vorher geladen wurden.

Die Primärzellen werden entweder als nasse oder sogenannte trockene Zellen (Trockenbatterien) ausgeführt, während die Sekundärzellen nur als nasse Zellen mit flüssigem Elektrolyten gebaut werden. In Trockenzellen wird der Elektrolyt an Sägemehl oder Gelatine gebunden, um ein Auslaufen zu verhindern.

Die in den Zellen aufgespeicherte elektrische Energie kann zu beliebiger Zeit und auch an einem anderen Ort wieder abgegeben werden. Batterien haben darüber hinaus den großen Vorteil, daß sie einen absolut konstanten (gleichbleibenden) Gleichstrom liefern. Demgegenüber besitzt der durch Wechselstromgleichrichtung gewonnene Gleichstrom immer eine kleine Wechselstromkomponente.

Primärzellen

Die Wirkungsweise dieser Zellen beruht auf der unter dem Namen Galvanismus bekannten Naturerscheinung. Unter Galvanismus versteht man die Berührungselektrizität, die bei Berührung (Kontakt) zweier verschiedener Metallkörper in einem geeigneten Elektrolyten entsteht und bei Vorhandensein eines geschlossenen Stromkreises eine EMK und einen Strom zur Folge hat. Eine Primärzelle wird daher nicht geladen und ist unbrauchbar, sobald die Kontaktsubstanz verbraucht ist. Der elektrische Kontakt zwischen den Reaktionsmetallen wird durch den Elektrolyten (meist angesäuertes Wasser) hergestellt.

Die Erfahrung lehrt, daß verschiedene Metalle verschiedene Spannungen gegeneinander aufweisen. In der durch Versuche gebildeten Spannungsreihe der verschiedenen Stoffe folgen — auf angesäuertes Wasser als Elektrolyt bezogen — nacheinander:

(+) Braunstein, Graphit, Kohle, Platin, Gold, Silber, Quecksilber, Kupfer, Eisen, Zinn, Blei, Kadmium, Zink, Aluminium, Magnesium, Natrium (—). Jeder Stoff ist in bezug auf den äußeren Stromkreis dem nachstehenden gegenüber positiv. Je weiter zwei Stoffe in dieser Reihe voneinander entfernt stehen, um so größer ist ihre Kontaktspannung. So ist die Spannung zwischen Kupfer und Eisen geringer als die zwischen Kupfer und Zink.

Die Kupfer-Zink-Zelle

Zur Veranschaulichung der chemischen und elektrischen Vorgänge in der Primärzelle sei die bereits von Volta angegebene Kupfer-Zink-Zelle besprochen.

Bild 147 stellt eine solche Zelle schematisch dar. Die beiden Metallkörper werden Elektroden und deren Enden Pole genannt. Die Elektroden sind in eine stark mit Wasser verdünnte Schwefelsäure (H_2SO_4) eingetaucht, die einen flüssigen Leiter mit positiven H_2-Ionen und negativen SO_4-Ionen darstellt. Durch

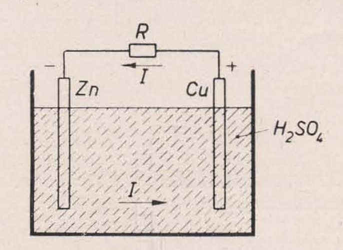


Bild 147: Aufbau einer galvanischen Zelle (schematisch)

den elektrischen Kontakt der beiden Metalle mit dem Elektrolyten entsteht eine elektrische Scheidekraft, die eine Spannung von etwa 1 V zur Folge hat. Diese Spannung hängt nicht von der Größe und Form der Elektroden oder von der Menge des Elektrolyten, sondern nur von deren chemischer Beschaffenheit ab. Die Polarität der Spannung ist durch die Spannungsreihe der Stoffe gegeben, das heißt, die Kupferelektrode (Cu) ist positiv (+ Pol) und die Zinkelektrode (Zn) ist negativ (— Pol) geladen. Werden die beiden Pole über einen Widerstand (vgl. Bild 147) verbunden, so fließt ein Strom. Dieser hat im Widerstand die Richtung vom + Pol zum — Pol und setzt sich in der Zelle vom — Pol zum + Pol fort.

Untersucht man eine Zelle, der einige Zeit Strom entnommen wurde, so ist an der Zinkelektrode eine Gewichtsabnahme festzustellen. Das Zink (Zn) hat sich mit dem Säurerest SO_4 zu Zinksulfat ($ZnSO_4$) verbunden und verändert den Elektrolyten. Der Wasserstoff (H_2) der Schwefelsäure setzt sich in Form von Bläschen an der Kupferelektrode (Cu) ab. Dieser durch die Lieferung des elektrischen Stromes entstandene chemische Prozeß in der Zelle läßt sich wie folgt darstellen:

$$Cu + H_2SO_4 + Zn = (Cu + 2\,H) + ZnSO_4 + \text{elektrischer Strom}.$$

Neben der chemischen Veränderung der Elektroden und des Elektrolyten ist auch eine allmähliche Abnahme der gelieferten Spannung festzustellen. Sie ist um so kleiner, je mehr Wasserstoff sich an der Kupferelektrode niederschlägt und wird Null, sobald die Kupferelektrode vollständig mit Wasserstoffbläschen überzogen ist. In der Zelle stehen sich jetzt statt Kupfer und Zink Wasserstoff und Zink gegenüber, was eine Änderung der Zellenpolarität zur Folge hat, da Wasserstoff negativer als Zink ist. Das Zink erscheint somit positiver, was mit dem Entstehen einer Gegen-EMK in der Zelle gleichbedeutend ist. Diese Erscheinung, die während der Stromentnahme stetig vor sich geht und die Minderung der Zellenspannung zur Folge hat, nennt man Polarisation (Umpolung) der Zelle. Polarisierte Zellen sind unbrauchbar.

Die Polarisation einer Zelle kann weitgehend verringert werden, wenn man durch zusätzliche sauerstoffreiche Stoffe — die sogenannten Depolarisatoren — den sich niederschlagenden Wasserstoff sofort chemisch bindet und dadurch unschädlich macht. Depolarisierte Zellen behalten verhältnismäßig lange Zeit die gleiche Spannung.

Die Stromentnahme aus einer Primärzelle ist also in erster Linie durch das Auftreten der Polarisation beschränkt, während das Zersetzen der Elektroden vernachlässigbar ist.

Die technisch wichtigsten Primärzellen sind die Kohle-Zink-Zellen mit Braunstein (MnO_2) oder Luftsauerstoff (O_2) als Depolarisator. Sie werden überwiegend als Trockenzellen hergestellt. Der Elektrolyt ist eine Salmiaklösung, die durch Gelatine und Sägemehl eingedickt ist.

[1]) Elektrolyt — durch elektrischen Strom zersetzbarer Stoff.

Trockenzellen

Die heute gebräuchliche Ausführung dieser Zellen besteht aus einer positiven Kohleelektrode, die von dem Depolarisator und der Elektrolytmasse umgeben und in einem mit Pappe umhüllten Zinkzylinder (negative Elektrode) untergebracht ist. Der Zinkzylinder ist mit einer Füllmasse (meist Teer) luftdicht verschlossen, damit der Elektrolyt nicht eintrocknet. Den Schnitt durch eine solche Zelle zeigt Bild 148. Als Depolarisator dient meist Braunstein (MnO_2).

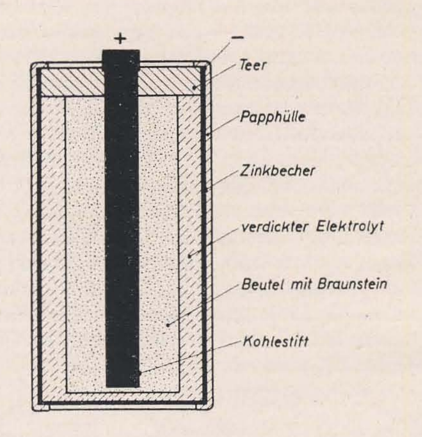


Bild 148: Aufbau einer Trockenzelle (schematisch)

Die Zellen-EMK beträgt 1,5 V, der Innenwiderstand ist mit 0,10 bis 0,15 Ω sehr gering. Die Zelle kann je nach der Belastungsdauer mit 200 bis 300 mA belastet werden. Trockenzellen können grundsätzlich nicht geladen werden. Neuerdings soll jedoch, bei nicht zu starker Entladung, ein Regenerieren möglich sein. War die

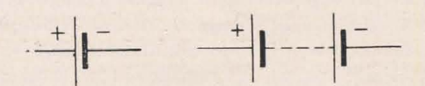


Bild 149: Schaltzeichen für eine galvanische Stromquelle — Element, Akkumulator, Batterie — nach DIN 40700, rechts zur besonderen Kennzeichnung mehrerer Zellen



Bild 150: Hörbatterie für Schwerhörigenapparate BJT 4,5, Trockenbraunsteinausführung, Nennspannung 4,5 V; Kastenbatterie BJT 4,5, Trockenbraunsteinausführung, Nennspannung 4,5 V, Kapazität etwa 3 Ah; Kastenbatterie B 2 JT 4,5, Trockenbraunsteinausführung, Nennspannung 4,5 V, zwei Zellen parallel geschaltet, Kapazität etwa 6 Ah

Trockenzelle einige Zeit nicht belastet, so kann sie sich durch Zuführen einer Regenerationsspannung schneller erholen. Die Gebrauchsdauer einer Batterie, deren Schaltzeichen im Bild 149 dargestellt ist, läßt sich so annähernd verdoppeln.

Für Funkzwecke werden Trockenzellen zu Trockenbatterien zusammengebaut. Zur Erhöhung der Spannung werden sie in Reihe und zur Erhöhung des entnehmbaren Stromes parallel geschaltet (vgl. DEUTSCHE FUNK-TECHNIK, H. 2/1952, S. 58). Für Koffergeräte werden Anodenbatterien mit Spannungen von 60



Bild 151: Stabbatterie BCT 3, Trockenbraunsteinausführung, Nennspannung 3 V; Normalbatterie für Taschenlampen, Flachbatterie BDT 4,5, Trokkenbraunsteinausführung, Nennspannung 4,5 V; Batterie für Schwerhörigenapparate, BDT 4,5, Trockenbraunsteinausführung, Nennspannung 4,5 V

bis 150 V, Gitterbatterien mit Spannungen von 9 bis 30 V und Heizbatterien mit Spannungen von 1,5 V geliefert. Die Normalausführungen verschiedener Batterien zeigen die Bilder 150 bis 153.

In Trockenzellen erfolgt auch dann ein Zersetzungsprozeß, wenn ihnen kein Strom entnommen wird, so daß sie nicht beliebig lange gelagert werden können. Dem Zersetzungsprozeß kann man jedoch durch kühle Lagerung wesentlich entgegenwirken.

Diesen Nachteil weisen die Lager- oder Füllzellen nicht auf, die unbegrenzt lagerfähig sind. Sie werden unmittelbar vor dem Einsatz gebrauchsfertig gemacht,



Bild 152: Anodenbatterie BDT 100, Trockenbraunsteinausführung, Nennspannung 100 V, Kapazität etwa 1,8 Ah, mit Anschlüssen für 3, 4,5, 6, 7,5, 9, 10,5, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 V



Bild 153: Anodenbatterie BDT 120, Trockenbraunsteinausführung, Nennspannung 120 V, Kapazität etwa 1,8 Ah, mit Anschlüssen für 3, 4,5, 6, 7,5, 9, 10,5, 12, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 V

indem sie mit Wasser aufgefüllt werden und etwa 12 Stunden stehen. Der trockene Elektrolyt wird durch das Wasser zu einer breiigen Masse aufgeweicht, die den Kontakt herstellt. Nach Abschütten des überflüssigen Wassers sind die Füllzellen gebrauchsfertig wie Trockenzellen. Man erkennt die Füllzellen meist an der Eingußöffnung, die mit einem Kork verschlossen ist.

An Stelle von Braunstein kann auch der Luftsauerstoff des Luftgemisches als Depolarisator verwendet werden. Solche Zellen enthalten eine positive Elektrode aus sogenannter Aktivkohle, die die Eigenschaft hat, den Luftsauerstoff rasch aufzunehmen und an den Wasserstoff zu binden. Der Aufbau von Luftsauerstoffzellen ist prinzipiell derselbe wie der der Trockenzellen. Der Luftsauerstoff gelangt durch besondere Öffnungen an die positive Elektrode. Diese Belüftungslöcher bleiben bei der Lagerung geschlossen und werden je nach der entnommenen Strommenge laut Gebrauchsanweisung geöffnet. Bei Verwendung von Luftsauer-

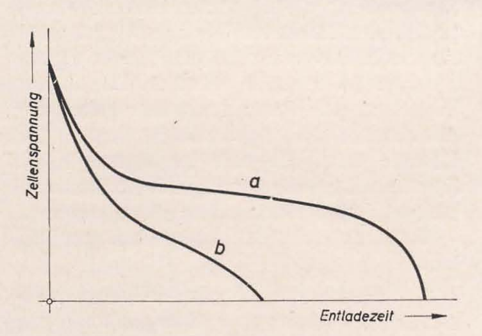


Bild 154: Schematisierte Entladekurven von Trockenzellen
a) Luftsauerstoffzelle b) Braunsteinzelle

stoffzellen ist für eine gute Luftzufuhr zu sorgen.

Bild 154 zeigt die Entladungskurven einer Luftsauerstoff- und einer Braunsteintrockenzelle bei einer Stromentnahme von etwa 100 mA. Die Entladungskurve der Luftsauerstoffzelle (Kurve a) zeigt einen günstigeren Verlauf. Allerdings ist der Einsatz von Luftsauerstoffzellen bei luftdichtem Abschluß, wie er beim Einbau in tragbare Funkgeräte erwünscht ist, nicht möglich. Deshalb werden in Funkgeräten Braunsteinzellen bevorzugt.

Die Normen DIN 40 850 unterscheiden zwischen Zellen, Elementen und Batterien. Das stromliefernde, aus den Elektroden und dem Elektrolyten bestehende chemische System wird mit Zelle bezeichnet. Befindet sich die Zelle in einem Behälter und ist sie mit Kontakten versehen, dann bezeichnet man sie als Element. Sind mehrere Zellen in einem Behälter oder Karton untergebracht und elektrisch verbunden, so spricht man von einer Batterie.

Zum Kennzeichnen der Elemente und Batterien dienen die sogenannten Typenkennzeichen. Der erste Buchstabe bedeutet:

B = Batterie,
E = Element.

Der zweite Buchstabe kennzeichnet die Größe der vorgesehenen Zellen. Sind in einer Batterie Zellen parallel geschaltet, wird die Anzahl dieser Zellen vor den die Zellengröße bezeichnenden Buchstaben gesetzt. Der dritte Buchstabe gibt die Ausführungsart an. Zum Beispiel

T = Trockenbraunsteinausführung,
F = Ausführung als Füllelement mit Braunstein,
L = Trockenluftsauerstoffausführung.

Hinter den Buchstaben der Typenkennzeichnung wird bei Batterien eine Ziffer zum Bezeichnen der Spannung des Aggregates angegeben. Im Bild 150 bedeutet also B 2 J T 4,5:

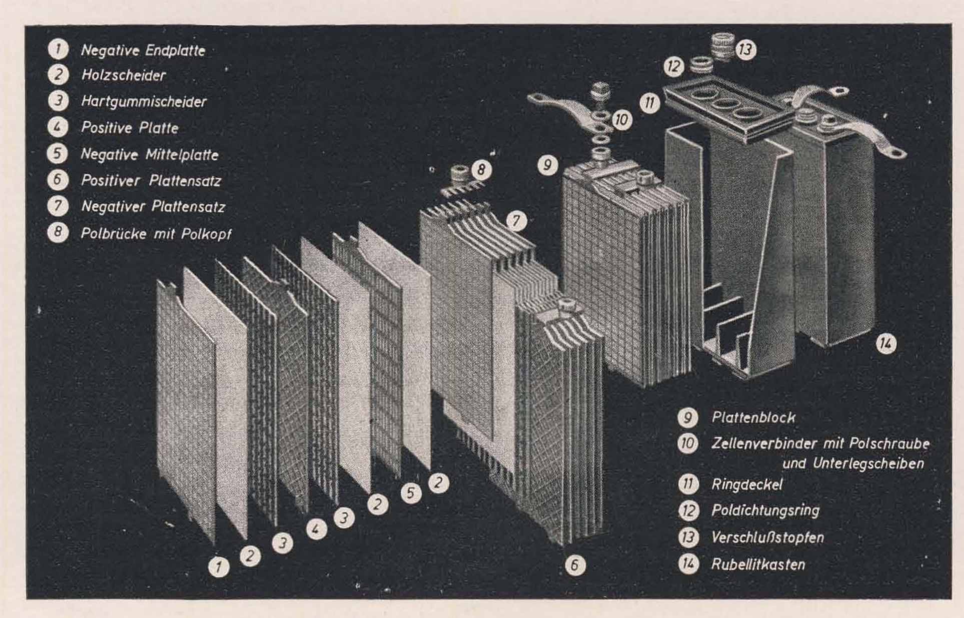
B = Batterie,
2 = zwei parallel geschaltete Zellen,
J = Größe der Zelle (genormt),
T = Trockenbraunsteinausführung,
4,5 = 4,5 V Spannung.

Für die Entnahme höherer Stromstärken sind Trockenzellen ungeeignet. Man verwendet ab etwa 0,5 A zweckmäßig Sammler. Sie werden als Fahrzeugbatterien verwendet und kommen als Stromquelle für fahrbare Funkanlagen in Betracht, während Trockenbatterien vornehmlich in tragbaren Geräten Anwendung finden.

Sammler (sekundäre Zellen)

Im Gegensatz zu den Primärzellen bestehen die beiden Elektroden von Sammlern aus gleichem Material, zum Beispiel Blei. Sie besitzen also keine Spannung gegeneinander. Erst durch das Zuführen eines Stromes, der den Elektrolyten zersetzt, erhält die Sekundärzelle eine Spannung (Laden), die bei geschlossenem äußeren Stromkreis einen Strom bewirkt (Entladen). Ein entladener Sammler kann beliebig oft durch einen Gleichstromerzeuger wieder geladen und somit der ursprüngliche Zustand hergestellt werden. Dies ist der entscheidende Vorteil der Sammler gegenüber den Trockenbatterien.

Bild 155: Aufbau einer Bleizelle



Von den zahlreichen praktisch möglichen Bauarten eines Sammlers haben sich in der Praxis nur zwei durchgesetzt:

1. der Bleisammler oder Akkumulator mit Schwefelsäure als Elektrolyt,
2. der Stahl- oder Edisonsammler mit Kalilauge als Elektrolyt.

Der Bleisammler

Die Zelle eines Bleisammlers besteht aus voneinander isolierten Bleiplatten, die in einem mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Gefäß aus Glas oder Hartgummi stehen. Je einer negativen Platte steht eine positive gegenüber. Der grundsätzliche Aufbau eines Bleisammlers geht aus Bild 155 hervor. Um ein schnelles Verdunsten oder Verschütten der verdünnten Schwefelsäure zu verhindern, ist das Gefäß mit einem Hartgummideckel versehen, der mit einer säurefesten Masse vergossen wird, so daß die Zelle vollkommen abgeschlossen ist. Zum Nachfüllen von Wasser und Schwefelsäure ist ein Schraubverschluß angebracht. Die Bleisammler sind aus Reihen- und Parallelschaltungen solcher Zellen aufgebaut.

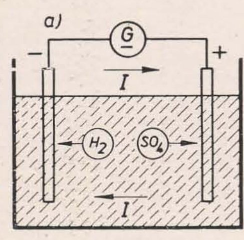
Im folgenden soll kurz auf die chemischen und elektrischen Vorgänge in einer Bleizelle eingegangen werden.

Ist die Zelle geladen, so ist die negative Platte mit einer feinen Schicht von schwammigem Blei (Pb) bedeckt, das mit verdünnter Schwefelsäure durchtränkt und mit geringen Mengen von Bleisulfat ($PbSO_4$) vermischt ist. Ihre Farbe ist dunkelgrau. Die positive Platte enthält Bleisuperoxyd (PbO_2), das mit Schwefelsäure durchtränkt ist und ebenfalls geringe Mengen von Bleisulfat ($PbSO_4$) enthält. Ihre Farbe ist dunkelbraun.

Entnimmt man der Zelle elektrischen Strom, das heißt, wird sie entladen, so beginnen die H_2-Ionen und die SO_4-Ionen der zersetzten Schwefelsäure (H_2SO_4) zu wandern. Die negativen H_2-Ionen bewegen sich mit dem Strom zur positiven, die positiven SO_4-Ionen gegen den Strom zur negativen Platte, wie im Bild 156b dargestellt. An der positiven Platte verwandelt der hinzutretende Wasserstoff (H_2) das Bleisuperoxyd (PbO_2) unter Hinzunahme von Schwefelsäure (H_2SO_4) in Bleisulfat ($PbSO_4$). Dabei entsteht gleichzeitig Wasser (H_2O), das heißt, die Dichte der verdünnten Schwefelsäure wird geringer.

An der negativen Platte bildet sich aus dem vorhandenen Blei (Pb) und dem hinzukommenden SO_4-Ion Bleisulfat ($PbSO_4$). Am Schluß der Entladung befindet sich also an beiden Platten Bleisulfat ($PbSO_4$). Dabei verfärbt sich die positive Platte rostbraun und die negative Platte hellgrau. Beim Entladen hat der Strom im Elektrolyten die Richtung von der —Platte zur + Platte, während dessen Fortsetzung im äußeren Stromkreis die Richtung von der + Platte zur —Platte aufweist (vgl. Bild 156b).

Wird die entladene Zelle geladen, das heißt, wird Gleichstrom mittels eines Generators oder Ladegleichrichters in umgekehrter Richtung durch sie geschickt, so daß der Strom im Elektrolyten von der + Platte zur — Platte fließt, wandern die H_2-Ionen zur negativen Platte und die SO_4-Ionen zur positiven Platte. Das an beiden Platten vorhandene Bleisulfat ($PbSO_4$) wird unter dem Einfluß der SO_4-Ionen an der positiven Platte zu Bleisuperoxyd (PbO_2) verwandelt, während an der negativen Platte das Pb des Bleisulfates ($PbSO_4$) durch die H_2-Ionen ersetzt und so einerseits Blei (Pb) und andererseits Schwefelsäure (H_2SO_4) gebildet wird. Dadurch steigt die Konzentration der Schwefelsäure wieder. Am Schluß der Ladung ist also an der positiven Platte wieder Bleisuperoxyd (PbO_2) und an der negativen Blei (Pb) vorhanden.



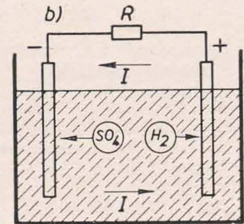


Bild 156: Die chemischen und elektrischen Vorgänge in einer Bleizelle (schematisch) a) Laden b) Entladen

Für die chemischen Vorgänge beim Laden und Entladen einer Bleizelle erhalten wir somit folgende Gleichungen:

Laden:

$$+\text{Platte}: PbSO_4 + SO_4 + 2\,H_2O = 2\,H_2SO_4 + PbO_2$$

$$-\text{Platte}: PbSO_4 + H_2 = H_2SO_4 + Pb.$$

Entladen:

$$+\text{Platte}: PbO_2 + H_2 + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2\,H_2O$$

$$-\text{Platte}: Pb + SO_4 = PbSO_4.$$

Die als Elektrolyt verwendete Schwefelsäure muß ganz rein sein, und zur Verdünnung darf nur destilliertes, das heißt chemisch reines Wasser verwendet werden. Das spezifische Gewicht der Verdünnung beträgt im geladenen Zustand des Sammlers 1,22 und darf auf 1,12 im entladenen Zustand sinken. Dies ist durch eine Senkwaage (Aräometer) zu überprüfen, die in die Elektrolytflüssigkeit ge-

taucht wird. Da die chemische Umwandlung in der Zelle der durchflossenen Elektrizitätsmenge — die in Amperestunden (Ah) gemessen wird — proportional ist, kann das spezifische Gewicht der Säure als genauer Maßstab für den Lade- oder Entladezustand der Zelle dienen.

Jede Zelle besitzt eine EMK, die im geladenen Zustand etwa 2,1 V beträgt. Sie hängt nur von der Säuredichte in den Platten ab. Der Innenwiderstand der Bleizellen ist der Plattenzahl umgekehrt proportional, das heißt, er ist um so kleiner, je größer die Plattenzahl ist und liegt in der Größenordnung von 10^{-2} bis $10^{-5}\Omega$.

Wird der Zelle Strom entnommen, so sinkt die Zellenspannung zunächst ganz

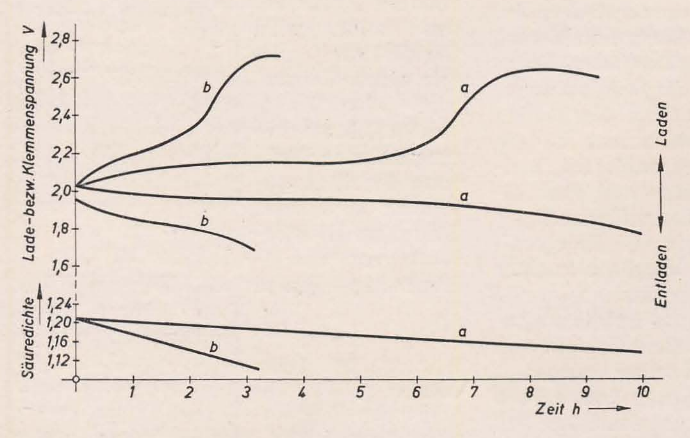


Bild 157: Lade- und Entladekurven einer Bleizelle bei konstantem Strom a) in 10 Stunden b) in 3 Stunden

langsam, später jedoch rascher (vgl. Bild 157). Schließlich würde sie Null werden. Im Interesse einer langen Lebensdauer dürfen die Zellen nicht vollkommen entladen werden. Die Entladung ist zu beenden, wenn die Zellenspannung um etwa 10% gesunken ist, das heißt bei 1,8 V. Die genaue Spannung, bis zu der eine Zelle entladen werden darf, sowie der höchste Lade- und Entladestrom werden jeweils von der Lieferfirma angegeben.

Nach der Entladung muß die Zelle wieder geladen werden. Beim Laden mit konstantem Ladestrom wächst die Zellenspannung zunächst sehr langsam an. Ist die chemische Verwandlung fast vollendet, steigt die Zellenspannung rascher an, und man muß auch die Ladespannung auf etwa 2,6 V erhöhen (vgl. Bild 157). Gleichzeitig beginnt die Zelle zu „kochen", was darauf hindeutet, daß auf beiden Platten die chemische Umwandlung vollzogen ist. Ein Teil des Stromes dient nun nicht mehr der Umwandlung der Plattenmasse, sondern zersetzt das in der Zelle befindliche Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff. Diese Gase steigen in Form von Gasbläschen auf, und zwar der Sauerstoff an der + Platte und der Wasserstoff an der —Platte. Nach beendeter Ladung und Abschaltung der Ladespannung hat die Zelle eine Ruhespannung von rund 2,1 V.

Der Verlauf der Ladekurve ist im wesentlichen durch die Trägheit des chemischen Umwandlungsprozesses innerhalb des Elektrolyten und durch die Verluste infolge des Zelleninnenwiderstandes bedingt.

Für das Aufspeicherungsvermögen einer Zelle ist ihre Kapazität maßgebend. Unter der Kapazität einer Zelle versteht man diejenige Elektrizitätsmenge (Ladung) in Amperestunden (Ah), die eine vollständig geladene Zelle bis zur vorgeschriebenen Entladung liefern kann. Die Kapazität hängt in erster Linie von der Plattenoberfläche ab. Je größer diese ist, um so größer ist auch die Kapazität. Man erhöht zweckmäßiger die Plattenzahl einer Zelle, als daß man einige sehr große und schwere Platten verwendet.

Die Lieferfirmen geben die Kapazität für eine drei- und eine zehnstündige Entladung an, wobei die Kapazität der dreistündigen Entladung 75% jener bei zehn Stunden beträgt. Neben der Entladungszeit ist die Zellenkapazität auch von der Entladungsstromstärke abhängig. Je geringer der Entladungsstrom desto größer die Kapazität. Im Bild 158 ist die Abhängigkeit der Zellenkapazität von der Entladezeit und vom Entladestrom dargestellt. Die Kapazität weist auch eine geringe Temperaturabhängigkeit auf. Bei höheren Temperaturen nimmt die Zellenkapazität zu, und zwar um etwa 1% je 1° C. Die Kapazitätsangaben beziehen sich auf Temperaturen von 15 bis 20° C. Unter 0° C nehmen Kapazität und Klemmenspannung stark ab.

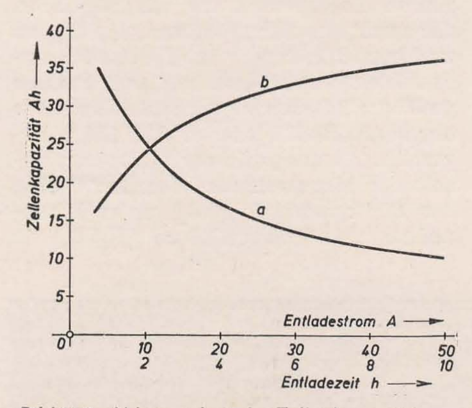


Bild 158: Abhängigkeit der Zellenkapazität vom Entladestrom (a) und von der Entladezeit (b)

Zur Erhöhung der Klemmenspannung werden Zellen in Reihe geschaltet. So besteht eine 6-V-Batterie aus drei, eine 12-V-Batterie aus sechs Zellen usw. Bei der Reihenschaltung von Zellen gelten für die zulässige Entladestromstärke und die Kapazität dieselben Werte wie bei einer Zelle. Zur Erhöhung der zulässigen Entladestromstärke und der Kapazität müssen die Zellen parallel geschaltet werden. Die Klemmenspannung bleibt hier dieselbe wie bei einer Zelle (vgl. DEUTSCHE FUNK-TECHNIK, H. 2/1952, S. 58). Durch eine entsprechende Reihen- und Parallelschaltung kann sowohl die Klemmenspannung als auch die Kapazität erhöht werden.

Die Wirtschaftlichkeit von Batterien wird durch den Ah-Wirkungsgrad (Gütegrad) und durch den Wh-Wirkungsgrad (Nutzeffekt) beurteilt. Der Ah-Wirkungsgrad einer Batterie ist das Verhältnis der entnommenen Elektrizitätsmenge in Ah zu der bei der Ladung aufgewendeten Elektrizitätsmenge in Ah. Er ist stets kleiner als eins und liegt beim Bleisammler in der Größenordnung von 0,85 bis 0,90, also 85 bis 90%. Der Wh-Wirkungsgrad stellt das Verhältnis der gewonnenen Arbeit in Wattstunden (Wh) zu der beim Laden aufgewendeten Arbeit in Wh dar. Er ist ebenfalls stets kleiner als eins und beträgt bei guten Batterien 0,7 bis 0,75, also 70 bis 75%.

Die Lebensdauer der Bleibatterien ist in erster Linie von ihrer Pflege und Beanspruchung abhängig. Eine gut gepflegte Batterie ist 5 bis 10 Jahre oder für etwa 1000 Ladungen und Entladungen einsatzfähig.

Das Laden von Batterien erfolgt meist aus Wechselstromnetzen über Ladegleichrichter. Bei Nichtgebrauch muß man Bleisammler alle sechs bis acht Wochen entladen und wieder laden, da sie sich sonst langsam selbst zerstören. Die Schwefelsäure darf nur im verdünnten Zustand in den Sammler gegossen werden. Beim Umgang mit dem Elektrolyten muß darauf geachtet werden, daß er nicht mit Kleidung oder Schuhwerk in Berührung kommt, da die Säure Textilien und Leder zerstört.

Bleibatterien finden unter anderem auch als Kraftfahrzeugbatterien und als Heizbatterien für Batteriefunkgeräte mit direkt geheizten Röhren Verwendung. Die Ausführungen sind genormt (DIN 72311).

Der Stahlsammler

Soll die Batterie ein möglichst niedriges Gewicht haben, so verwendet man statt der schweren Bleizellen die leichteren Stahlzellen. Die Stahlzelle ist auch mechanisch widerstandsfähiger und elektrisch unempfindlicher als die Bleizelle. Außerdem werden durch die Verwendung geruchloser Kalilauge als Elektrolyt (Ätzkali in destilliertem Wasser gelöst) die unangenehmen Säuredämpfe der Bleizelle vermieden. Wegen der verwendeten Kalilauge spricht man auch von einem alkalischen Sammler. Nachteile der Stahlzelle sind deren geringe Klemmenspannung von nur 1,2 V und der kleinere Wirkungsgrad.

Äußerlich ist die Stahlzelle ein vollkommen geschlossenes Gefäß aus vernikkeltem Stahlblech mit rechteckigem Querschnitt. Die Zellen müssen gegeneinander durch Luftzwischenräume isoliert werden, so daß ein Zusammenbau zu Batterien in besonderen tragbaren Holzkästen erfolgt. Der innere Aufbau der Stahlzelle ist dem der Bleizelle ähnlich. Als Elektrodenmaterial finden Sauerstoffverbindungen von Nickel und Eisen (Nickel-Eisen-Zelle) oder von Nickel und Kadmium (Nickel-Kadmium-Zelle) Verwendung. Neuerdings werden vorwiegend Nickel-Kadmium-Zellen gebaut.

Wird fortgesetzt

Chronik der Nachrichtentechnik

Von Dipl.-Ing. HANS SCHULZE-MANITIUS

13. 8. 1814

Der schwedische Astronom und Physiker Anders Jonas Angström wird in Upsala geboren. Nach ihm benennt man die Angströmeinheit = 10^{-7} mm, die oft zur Angabe der Lichtwellenlänge angewendet wird. Er starb 1874.

25. 11. 1814

Der Arzt und Naturforscher Robert Mayer wird in Heilbronn geboren. Im Jahre 1852 stellte er als erster das Gesetz der Erhaltung der Energie auf. Er starb am 20. 3. 1878.



Robert Mayer 1814–1878

1816

Der vielseitige englische Erfinder Sir Francis Ronalds versucht in England den ersten elektrischen Telegrafen, den er durch statische Elektrizität betrieb. Er stellte auf beiden Endstationen gleiche Uhrwerke auf und ließ durch diese Scheiben in Umdrehung versetzen, die in vollkommener Übereinstimmung mit 20 Buchstaben beschrieben waren. Vor dem Ausschnitt waren mit dem Leitungsdraht Hollunderkügelchen verbunden, die solange einen Ausschlag zeigten, bis das gewünschte Zeichen bei der Drehung der hinteren Scheibe in die Schirmöffnung trat. Diese Scheiben drehten sich vor einem Schirm mit einer Öffnung, durch die der Beobachter gerade nur einen Buchstaben erkennen konnte. In der Sendestation wurden die einzelnen Buchstaben unter diese Scheibenöffnung gedreht, in der Empfangsstation erschienen dann entsprechend dieselben Buchstaben hinter der dortigen Scheibenöffnung. Nach jedem Buchstaben wurde die Bewegung auf einen Augenblick durch elektrische Erregung unterbrochen. Aus dieser Idee entwickelte sich der Zeigertelegraf.

1816

In England schreibt Dr. Thomas Thomson in den von ihm herausgegebenen „Annals of Philosophy", ohne den Sömmeringschen elektrolytischen Telegrafen (siehe 1809, 1812) auch nur zu erwähnen, daß der Professor Dr. Redmann Coxe in Philadelphia die Idee ausgesprochen habe, daß sich der Galvanismus zur Telegrafie anwenden lassen müsse, daß aber die Ausführung dieser „grillenhaften" Spekulation noch viel Zeit erfordern würde. Dieses Übergehen des Sömmeringschen Telegrafen war um so merkwürdiger, als viele Engländer diesen in München gesehen hatten. Ein Modell des Telegrafen wurde dem Legationssekretär Lyonel Hervey auf dessen Ansuchen bereitwilligst übergeben, der es aber aus spekulativen Gründen wieder zurückschickte.

1816

Andrew Crosse äußert folgende Prophezeiung: „Ich prophezeie, daß wir durch Elektrizität imstande sein werden, unsere Gedanken augenblicklich an die äußersten Teile der Erde gelangen zu lassen".

Es ist wohl kaum eine Prophezeiung so weitgehend in Erfüllung gegangen wie diese durch die Telegrafie.

1816

Israel Beer Josaphat wird in Kassel geboren. Er wurde 1871 als Paul Julius Freiherr von Reuter geadelt und gründete 1849 in Aachen Reuters Telegrafenbüro, das 1851 nach London verlegt und sehr bald eines der bedeutendsten und berühmtesten Nachrichtenbüros der Erde wurde. Er starb 1899.

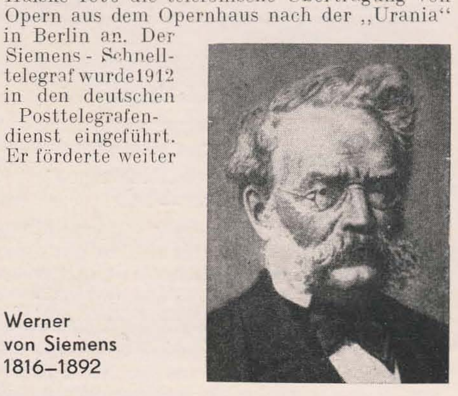
5. 8. 1816

Francis Ronalds in Hammersmith, der einen elektrischen Telegrafen unter Verwendung eines Elektroskopes erfunden und die britische Admiralität aufgefordert hatte, diesen zu besichtigen, erhält vom Sekretär Barrow die Antwort: „Neue Telegrafen irgendwelcher Art sind gänzlich überflüssig".

13. 12. 1816

Werner von Siemens wird als viertes von 14 Kindern eines Landwirtes in Lenthe bei Hannover geboren.

Dieser ungemein vielseitige Ingenieur beschäftigte sich 1840 nach der Erfindung Jacobis mit dem Galvanisieren, erhielt 1842 durch Soltmann die Anregung, sich mit der elektromagnetischen Telegrafie zu beschäftigen, erfand 1845 den elektromagnetischen Zeigertelegrafen mit Selbstunterbrechung, der hauptsächlich im Eisenbahnverkehr Anwendung fand, sowie die Umkleidung der unterirdisch zu verlegenden Telegrafenleitungen mit Guttapercha, erhielt 1847 den Auftrag zur Herstellung einer unterirdischen Telegrafenlinie von Berlin nach Großbeeren zu Versuchszwecken, stellte 1847 die ersten brauchbaren Kabel mit Guttapercha als Isolierstoff her und schuf damit die Voraussetzung zur späteren Herstellung von Überseekabeln, gab am 3. 1. 1847 in der Werkstätte von Böttcher & Halske seinen ersten elektromagnetischen Telegrafen in Auftrag, reichte am 1. 5. 1847 einen Patentantrag auf seinen Typendrucker für elektromagnetische Telegrafie ein, auf den er am 7. 10. 1847 das preußische und am 23. 4. 1850 das englische Patent erhielt und auf Grund dessen er am 12. 10. 1847 mit Halske die Telegrafenbauanstalt Siemens & Halske gründete, reichte am 15. 3. 1848 als neue Erfindung das erste Telegrafenrelais ein, baute 1849 die erste große unterirdische elektromagnetische Telegrafenlinie in Preußen von Berlin über Halle, Erfurt, Kassel nach Frankfurt a. M., gründete am 16. 3. 1850 mit seinem Bruder William die englische Siemens-Gesellschaft, deckte 1851 die Mißstände in der preußischen Telegrafenverwaltung auf, setzte am 5. 7. 1851 mit Halske den ersten Feuerwehrtelegrafen zwischen den Berliner Polizeistationen und den Feuerwehrunterkünften in Betrieb, erhielt am 7. 2. 1852 mit Halske das preußische Patent auf ihren elektromagnetischen Telegrafen, erfand 1854 mit Frischen das „Gegensprechen nach der Differentialmethode", teilte am 24. 1. 1867 seinem Bruder Karl den Plan einer indo-europäischen Telegrafenlinie mit, 1868 wurde der durch seine Arbeiten bei der Verlegung unterseeischer elektrischer Kabel festgestellte elektrische Widerstand als internationale Widerstandseinheit im Telegrafenwesen angenommen, am 16. 2. 1874 berichtete er über sein Kapillargalvanometer für Widerstandsmessungen an Seekabeln, 1875 baute er als einer der ersten bereits Selenzellen, 1877 die ersten deutschen Telegrafenapparate, die der Generalpostmeister Stephan im November 1877 deutschen Physikern vorführte, am 3. 12. 1877 hielt er im Verein zur Förderung des Gewerbefleißes in Berlin den ersten öffentlichen Vortrag in Deutschland über das Telefon, 1878 legte er der Preußischen Akademie der Wissenschaften eine Arbeit über Telefonie vor, in der er auch ein elektrodynamisches Telefon beschrieb, das genau dem modernen Schwingspullautsprecher entsprach, 1879 erfand er die Bleipresse zur Herstellung von Kabeln und führte sie in die Technik des Kabelbaues ein, benutzte die Eigenschaft des Selens zur Konstruktion eines empfindlichen Fotometers, erhielt am 12. 9. 1880 das Patent auf einen elektrisch betriebenen Pflug, mit dem er unter anderem Gräben für Kabelleitungen ziehen wollte, und regte mit Halske 1890 die telefonische Übertragung von Opern aus dem Opernhaus nach der „Urania" in Berlin an. Der Siemens-Schnelltelegraf wurde 1912 in den deutschen Posttelegrafendienst eingeführt. Er förderte weiter das Rohrpostwesen, den elektrischen Feuermelder und das Bogenlicht. Er baute eine elektrische Bergbohrmaschine, einen elektrischen Aufzug, eine elektrische Eisenbahn, den Alkoholmeßapparat, die Ozonröhre, den Magnetscheider für Erze und Getreide und machte Erfindungen auf dem Gebiete der Galvanotechnik und der elektrischen Feinmessung. Ferner regte er den Bau der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt an. Er starb 1892.



Werner von Siemens 1816–1892

1817

Der schwedische Chemiker Jöns Jakob Berzelius entdeckt das Element Selen, das die Fähigkeit besitzt, Lichtwirkungen in elektrische Wirkungen zu verwandeln. Diese Entdeckung wurde später beim Telefon verwendet (s. 1880) und für das Fernsehen wichtig. Berzelius ordnete das Selen in die Klasse der Nichtleiter ein.

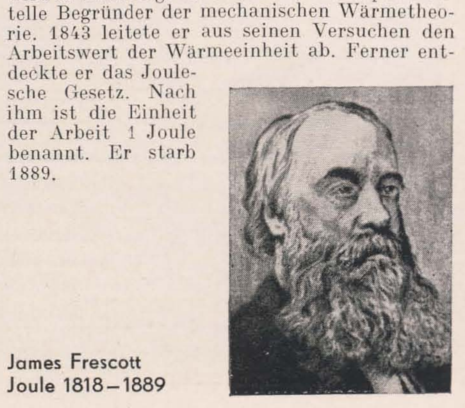
Selen ist ein dem Schwefel und Tellur nahe verwandter chemischer Grundstoff, der sich besonders in Schwefelkiesen findet und aus dem bei der Herstellung von Schwefelsäure entstehenden Selenschlamm gewonnen wird. Selen bildet rote monokline Kristalle, die bei längerem Erhitzen auf über 100° C in metallisches Selen übergehen. Dieses bildet eine kristalline bleigraue, metallglänzende Substanz vom spezifischen Gewicht 4,80, die bei 220° C schmilzt. Metallisches Selen ist in Schwefelkohlenstoff unlöslich und besitzt eine bei Belichtung wachsende elektrische Leitfähigkeit.

1817

Der niederländische Wetterforscher Christophe Henry Buys-Ballot, der 1845 den Dopplereffekt auch auf Schallwellen anwandte und die Buys-Ballotsche Regel aufstellte, wird geboren. Nach der Buys-Ballotschen Regel strömt die Luft von Orten hohen Druckes nach Orten geringeren Druckes, erfährt dabei aber durch die Erddrehung eine Ablenkung. 1872 regte er ein System der Sturmwarnungen an, durch das nicht allein die Stürme vorsignalisiert, sondern auch die Seeleute durch geeignete Zeichen von der drohenden Gefahr verständigt werden. Er starb 1890.

24. 12. 1818

Der englische Physiker James Prescott Joule wird in Salford geboren. Er war der experimentelle Begründer der mechanischen Wärmetheorie. 1843 leitete er aus seinen Versuchen den Arbeitswert der Wärmeeinheit ab. Ferner entdeckte er das Joulesche Gesetz. Nach ihm ist die Einheit der Arbeit 1 Joule benannt. Er starb 1889.



James Frescott Joule 1818–1889

FACHLITERATUR

W. Reichardt

Grundlagen der Elektroakustik

Akademische Verlagsgesellschaft
Geest & Portig KG, Leipzig, 1952
464 Seiten, zahlreiche Abbildungen
Ganzleinen 32,— DM

Mit dieser Neuerscheinung der Akademischen Verlagsgesellschaft erscheint auf dem deutschen Büchermarkt nicht nur ein neues Buch, sondern es erscheint ein völlig neuartiges Werk von besonderem Format. Dies kann man in gleicher Weise sowohl auf den Umfang als auch auf den Inhalt beziehen. In der modernen Technik der Nachrichtenübertragung und der Nachrichtenkonservierung spielen die Probleme der Akustik keine geringe Rolle, es entwickelte sich das umfangreiche Fachgebiet der Elektroakustik. Der epochemachende Aufschwung dieses Gebietes findet in dem vorliegenden Werk eine hervorragende, zusammenfassende Darstellung. Die Behandlung des Stoffes schlägt eine feste Brücke zwischen der Gedankenwelt des Akustikers und der des Elektrotechnikers. In umfangreichen Kapiteln werden folgende Themen dargestellt: physikalische Grundbegriffe, das Schallempfinden des Menschen, die Schallwandler, Mikrofoneinsatz, die Beschallungstechnik, elektrische Schallübertragung und Schallaufzeichnung.

Um es vorwegzunehmen, die Beschäftigung mit diesem Werk bedeutet einen wahrhaften Genuß. Angefangen vom Vorwort bis zur letzten Zeile offenbart sich die Meisterschaft des Verfassers, den umfangreichen Stoff in brillanter Klarheit darstellen zu können, wobei es keiner Erläuterung bedarf, daß das Gebotene methodisch und didaktisch schlechthin als mustergültig bezeichnet werden kann. Sehr zahlreich und gut ausgewählt fördern Zeichnungen, Schaltbilder, Grafiken und Fotos die Anschaulichkeit des Dargebotenen.

Zum Studium des Buches werden die Grundgesetze der Elektrotechnik und Kenntnisse des elementaren Physikunterrichts vorausgesetzt. Die sorgfältige Behandlung elektrisch-mechanischer Analogien schafft eine gemeinsame, übergeordnete Grundlage, von der aus die elektrischen und akustischen Probleme einheitlich betrachtet werden können. Da über die Probleme der Verstärkung, Fernleitungen, Sender, Empfänger und der Schalttechnik im Fachschrifttum besondere Darstellungen vorliegen, wird hier nur ein Überblick über die auftretenden Fragen gegeben. Die Fragen der Akustik, der elektroakustischen Wandler und der Schallaufzeichnung werden umfassend dargestellt. Hierbei wird der physikalisch geübte Leser seine Freude an der eleganten Herausarbeitung der Zusammenhänge mit dem allgemeinen naturwissenschaftlichen Weltbild haben. Das 416 Titel umfassende Literaturverzeichnis stellt eine Fundgrube für den auf diesem Gebiet Tätigen dar. Ein sorgfältig zusammengestelltes Sachverzeichnis und zwei für die Praxis wichtige Tabellen beschließen das wertvolle Buch. Wenn der Verfasser nach seinem Vorwort lediglich eine Einführung in dieses Gebiet für den Lernenden und den jüngeren Industriepraktiker beabsichtigte, so glauben wir, daß dies sehr bescheiden formuliert ist, es ist ihm ein vorzügliches Nachschlagewerk für die Elektroakustik gelungen, von dem Lehrende, Lernende und Praktiker dankbar Gebrauch machen werden. Die Aufmachung des Buches wurde vom Verlag vortrefflich besorgt und legt Zeugnis vom hohen Stand unserer Buchproduktion ab.

Springstein

Chr. Boden und G. Walter

Verstärkung bei Frequenzen über 1000 MHz

Verlag Technik, Berlin, 1952
Band 67 der Schriftenreihe des Verlages Technik
88 Seiten, 62 Abb., DIN A 5, Preis: 3,50 DM

Die beiden Verfasser haben den lobenswerten Versuch unternommen, ein recht schwieriges Spezialgebiet der Ultrahochfrequenztechnik zu erfassen. Es ist allgemein bekannt, daß die rechnerische Erfassung des Verhaltens der Trioden bei diesen hohen Frequenzen ebenso große Schwierigkeiten bereitet wie das praktische Arbeiten mit Verstärkern dieser Art. Die Tendenz zur Übertragung breiter Trägerfrequenz- und Fernsehbänder über Dezimeterrichtfunkstrecken zwingt jedoch die Technik dazu, sich mit dem Aufbau und den Eigenschaften mehrstufiger Dezimeterwellenverstärker zu befassen. Bei dieser Arbeit will das Büchlein dem Ingenieur theoretischer und praktischer Helfer sein.

Es ist den Verfassern vollauf gelungen, in diese schwierige Materie einzuführen. In kurzer und prägnanter Form werden nacheinander die einzelnen Probleme (Röhrenfragen, Schaltungen, Ein- und Ausgangskreise, Verstärkung usw.) behandelt, mathematisch begründet und durch zahlreiche Skizzen erläutert. Ergebnisse aus der Berufsarbeit der beiden Verfasser schließen das Bändchen ab und geben einen Überblick über Erreichtes und Erreichbares. Das Büchlein kann allen, die sich mit der Anlage von Richtfunkverbindungen auf Dezimeterwellen befassen wollen, wärmstens empfohlen werden.

Voigt.

Obering. Herbert Petzoldt

Elektroakustik

Band III: Gegen- und Wechselsprechanlagen
Fachbuchverlag GmbH, Leipzig, 1952
119 Seiten, 210 Abbildungen, DIN C5
Halbleinen 6,80 DM

Es ist zweifellos eine wertvolle Bereicherung der Fachliteratur, daß der Verfasser über das bisher recht stiefmütterlich behandelte Gebiet der Gegen- und Wechselsprechanlagen ein kleines Lehrbuch herausgegeben hat. In Fachzeitschriften findet man nur selten einige Angaben über diese für die moderne Fernmeldetechnik wichtige Anlagengattung, so daß es auch für den Fachmann schwierig war, sich schnell und zuverlässig über eine spezielle Schaltung zu unterrichten.

Hier spricht nun wirklich ein versierter Fachmann der elektroakustischen Anlagentechnik zu seinen Fachkollegen und vermittelt ihnen seine in jahrelanger Praxis gesammelten Erfahrungen. Jedem Ingenieur und Techniker, der mit der Planung von Gegen- und Wechselsprechanlagen zu tun hat, wird dieses Buch eine wertvolle Hilfe sein. Ein reichhaltiges Schlagwortverzeichnis erleichtert das Auffinden bestimmter Schaltungen und Textstellen.

Das Buch gliedert sich in Schaltungsgrundlagen, Anlagen für den Gegensprechverkehr und Anlagen für den Wechselsprechverkehr. Zu Beginn werden einige Grundbegriffe erklärt, und als Abschluß wird noch auf verschiedene Sonderschaltungen eingegangen. Sehr präzise wird unterschieden zwischen Gegensprech- und Wechselsprechbetrieb, über die man gelegentlich auch in Fachkreisen recht merkwürdige Ansichten hört. Einen breiten Raum nehmen die Schaltungsvorschläge ein, die bisher gemacht worden sind, um ein „echtes" Gegensprechen zu ermöglichen: die Schaltungen mit und ohne Leitungsnachbildung, Brückenschaltungen, der Dreischenkelübertrager werden eingehend besprochen. Konferenzanlagen, bei denen also jeweils ein Teilnehmer mit allen spricht, werden ausführlich behandelt, ebenso die Anlagen für den Sternverkehr, relaisgesteuerte und wählergesteuerte Anlagen. Die Illustration ist gut, sie erleichtert auch dem Anfänger auf diesem Fachgebiet das Einarbeiten; die Darstellung des etwas spröden Stoffes ist leicht verständlich, so daß jedem, der sich mit elektroakustischen und fernmeldetechnischen Problemen beschäftigen muß, die Anschaffung dieses preiswerten Werkes empfohlen werden kann. Das Buch wurde vom Verlag hervorragend ausgestattet.

Taeger

Berichtigung:

Heft 5/53, Seite 147: In Tafel II muß es statt Joule = Ncm richtig Joule = Nm, statt Gilbert = Pr/s richtig Gilbert = $3 \cdot 10^{10}$ Pr/s heißen.

Heft 6/53, Seite 178: Die Bildunterschrift für Bild 3 muß statt „Modulationsschaltungen" richtig „Zur Mehrfachfrequenzumsetzung" heißen.

Seite 179: Die Bildunterschrift für Bild 4 muß statt „Zur Mehrfachfrequenzumsetzung" richtig „Modulationsschaltungen" heißen, wobei „Ringmodulator" zur oberen und „Vierpolmodulator" zur unteren Schaltung gehört. In der mittleren Spalte, 10. Zeile von unten, muß es statt Bild 4 richtig Bild 3 heißen.

Seite 181; linke Spalte: Statt Bild 3 richtig Bild 4.

Seite 182: Im Schaltbild (Bild 2) muß der Lautstärkeregler R_{21} an Masse liegen und die Anzapfung von R_{22} ist richtig mit R_{16} verbunden, statt R_{17} muß ein Kondensator (1 µF) an Masse liegen. Der Schutzwiderstand R_{19} muß statt 50 kΩ richtig 50 Ω betragen. R_{22} muß statt 100 + 25 Ω richtig 100 + 30 Ω betragen.

Seite 184: Zusammenstellung: Statt Sicantrop muß es richtig Sikatrop heißen. Die Spannungswerte für C_{15} sind statt 500/1000 V richtig 500/1500 V, bei C_{17} statt 110/330 V richtig 500/1500 V. Für R_{19} beträgt der Widerstandswert richtig 50 Ω, R_{21} ist ein Potentiometer von 1 MΩ.